

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Institut dopravy**



**Modelování pohybu zásob ve skladu u vybraného  
sortimentu**

**Stock Movement Modelling for Selected Range of  
Goods**

Student: Bc. Jan Hrubý

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Dorda, Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Institut dopravy

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Hrubý**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie  
Specializace: 30 Technologie dopravy  
Téma: Modelování pohybu zásob ve skladě u vybraného sortimentu  
Stock Movement Modelling for Selected Range of Goods

Zásady pro vypracování:

**Cíl práce:** Vytvořit simulační model pro pohyb vybraného sortimentu zásob na skladě a navrhnout případné změny.

**Osnova práce:**

1. Úvod.
2. Analýza současného stavu zásobování u vybraného sortimentu zásob.
3. Analýza vstupních údajů pro potřeby simulace.
4. Návrh simulačního modelu.
5. Experimenty se simulačním modelem.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.
7. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

DANĚK, J. *Logistika*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0705-X.  
KŮS, Z. - GLOMBÍKOVÁ V. - HALASOVÁ, A. *Simulace výrobních systémů - díl 1*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 55-082-02.  
*Manuály k simulačnímu software Witness.*

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Dorda, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

HRUBÝ, J. *Modelování pohybu zásob ve skladě u vybraného sortimentu: diplomová práce.*

Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2011, 60 s.

Vedoucí práce: Dorda, M.

Diplomová práce se zabývá modelováním pohybu zásob ve skladu u vybraného sortimentu v podmínkách firmy zabývající se výrobou a prodejem uceleného systému řešení otvorových výplní v rodinných i panelových domech. V předložené práci je za pomoci programu Witness vytvořen simulační model. Při experimentování ve vytvořeném simulačním modelu bylo dosaženo snížení stávající hodnoty skladu u vybraných materiálových položek. Na základě výsledku simulačního experimentu bylo doporučeno provedení změn v nákupu a skladování vybraných materiálových položek.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

HRUBÝ, J. *Stock Movement Modelling for Selected Range of Goods: Master Thesis.* Ostrava:

VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Control Systems and Instrumentation, 2011, 60 p. Thesis, head: Dorda, M.

This graduation thesis is aimed at simulation stock reconciliation in selected line in company conversant production and distribution system of. resolution aperture filler in private houses and flats. In this thesis is created simulation model by software Witness. During experimentation with simulation model was gain reduction quantum of stock value at selected elements. On the basis result this simulation experimentation it was recommendation alternation into purchase and stocking selected material elements.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci *Modelování pohybu zásob ve skladě u vybraného sortimentu* včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce Ing. Michala Dordy, Ph.D. a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

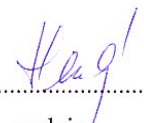
V Ostravě ..... 20.5.2011 .....

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst.3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst.4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20.5.2011

  
.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc.Hrubý Jan

Adresa trvalého pobytu autora práce: Komenského 91, Leština 789 71

# Obsah

Seznam použitého označení, zkratk .....	8
1 Úvod .....	9
2 Analýza současného stavu zásobování u vybraného sortimentu .....	10
2.1 Metoda ABC (Activity Based Cost).....	10
2.2 Specifikace prostředí podniku .....	12
2.3 Analýza současného stavu zásobování a skladování.....	13
2.3.1 Nákup materiálu.....	15
2.3.2 Proces skladování .....	16
2.3.3 Používané skladové technologie .....	17
3 Analýza vstupních údajů pro potřeby simulace.....	17
3.1 Metoda ABC.....	18
3.2 Popis procesu získání potřebných dat pro potřeby metody ABC .....	18
3.3 Výběr skladových položek metodou ABC pro potřeby simulace .....	19
3.4 Popis procesu získání potřebných dat pro potřeby simulace .....	24
4 Návrh simulačního modelu .....	26
4.1 Základní pojmy z oblasti simulace .....	27
4.2 Tvorba modelu v programu Witness .....	28
4.3 Pojmový model.....	29
4.4 Implementace pojmového modelu pro prostředí Witness .....	29
4.5 Validace modelu.....	39
5 Experimenty se simulačním modelem.....	41
5.1 Experiment 1 .....	41
5.1.1 Varianta 1.....	42
5.1.2 Varianta 2.....	46
5.2 Experiment 2 .....	47
5.3 Experiment 3 .....	52
5.4 Experiment 4 .....	54
5.5 Experiment 5 .....	58

<b>6</b>	<b>Zhodnocení dosažených výsledků.....</b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>63</b>
	<b>Seznam použité literatury a ostatních zdrojů .....</b>	<b>64</b>
	Příloha 1.....	65
	Příloha 2.....	71
	Příloha 3 (elektronická) .....	74

## **Seznam použitého označení, zkratek**

CRM – řídicí podnikový systém

ERP systém – (Enterprise Resource Planning systém) skladový a řídicí podnikový systém

IT - Information Technology

IS – informační systém

Metoda ABC (Activity Based Cost) – metoda řízení zásob

MJ – měrná jednotka

Orsoft – účetní program

THP – technicko hospodářský pracovník

TP – technologický postup



# 1 Úvod

Tématem a cílem diplomové práce je vytvoření simulačního modelu pro pohyb zásob vybraného skladového sortimentu a na základě provedení experimentů navrhnout případné změny. Úvodní kapitola je věnována analýze současného stavu zásobování u vybraného sortimentu a problematice řízení zásobování. V kapitole jsou stručně zmíněny základní ukazatele, které podniky využívají pro řízení skladového hospodářství. Zvláštní pozornost je věnována metodám řízení zásob, zejména metodě ABC, která je stěžejní pro výběr materiálových položek, pro něž bude simulačními experimenty hledán lepší způsob zásobování. Druhá část kapitoly je již praktickou analýzou současného stavu zásobování a skladování v konkrétním podniku. Podrobněji je popsán proces nákupu materiálu a proces skladování včetně používaných skladových technologií.

Ve třetí kapitole jsou několikanásobnou aplikací metody ABC postupně konkretizovány konečné materiálové položky, jejichž pohyb na skladě bude simulován. Metoda ABC byla aplikována z důvodu velkého počtu materiálových položek uvažovaného skladu. Z původního počtu asi 7000 materiálových položek je pomocí analýz sortimentních skupin vybráno konečných 6 materiálových položek.

Čtvrtá kapitola se zabývá vlastním návrhem simulačního modelu v softwaru Witness, který formou interaktivního experimentování umožňuje modelovat i složité vnitropodnikové procesy. V kapitole jsou vysvětleny základní pojmy, jako je model, systém, simulování a je zde vytvořen návrh modelu za použití diskrétních, logických a grafických elementů. Simulační model je vytvořen tak, aby vystihoval chování reálného systému.

Pátá kapitola je věnována experimentům, kde je snahou snížit hodnotu účelové funkce získané pro způsob zásobování vyplývající z roku 2009. Bylo navrženo pět experimentů lišících se v zásobovacích strategiích a způsobech vykrytí výroby materiálem.

V poslední kapitole budou zhodnoceny výsledky dosažené v jednotlivých experimentech a provedena doporučení na snížení skladových zásob skladu firmy, která se zabývá výrobou a prodejem uceleného systému řešení otvorových výplní v rodinných i panelových domech.

## 2 Analýza současného stavu zásobování u vybraného sortimentu

V souladu s moderními přístupy a s rozvojem výpočetní techniky dochází i k rozvoji nových metod řízení zásob, mezi něž patří například metoda ABC, která bude v práci dále použita. Tato metoda může být ve spojení s moderními IT aplikacemi, jež zohledňují interní specifika jednotlivých podniků, významným manažerským nástrojem v oblasti řízení a optimalizace zásob.

### 2.1 Metoda ABC (*Activity Based Cost*)

Metoda ABC je metoda založená na kalkulaci nákladů přiřazených na základě procesů a jednotlivých aktivit v organizaci. Dává výstižné informace o nákladech na jednotlivé produkty, služby, zákazníky atd. Hlavním výsledkem této metody je nalezení interních zdrojů ve snaze dosáhnout co největší hodnoty s co nejmenšími náklady.

Metoda pracuje s následujícími pojmy:

- Nákladový objekt – je výstupem ABC modelu.
- Cíl kalkulace – výstup ze sledovaného procesu.
- Aktivita, činnosti – části procesů firmy, jsou vyjádřeny slovesem (nakupovat, nastavit stroj, plánovat, objednat, uskladnit atd.).
- Zdroje – pro každou činnost firmy jsou potřeba různé zdroje (zaměstnanci, počítače atd.).

ABC analýza pomáhá najít jistou střední cestu mezi extrémy, která by umožnila snížit náklady jak na držení zásob, tak i úroveň zákaznických služeb. Jako velmi efektivní cesta se nabízí rozdělit analyzované položky do několika kategorií. Výchozí údaje, které je třeba pro jednotlivé skladové položky shromáždit, jsou závislé na požadovaných cílech analýzy. Metoda ABC vychází z Paretova principu 80:20, kdy 80% důsledků pramení z 20% příčin. Aplikujeme-li tento princip na oblast zásob dle metody ABC, lze rozdělit zásoby do určitých skupin (nejčastěji A, B, C) podle jejich podílu na výši roční spotřeby. Smyslem metody je identifikace režijních nákladů v podnikových procesech a poskytnutí nástroje na jejich řízení. Pro metodu ABC je třeba znát některé údaje. V úvahu mohou přicházet:

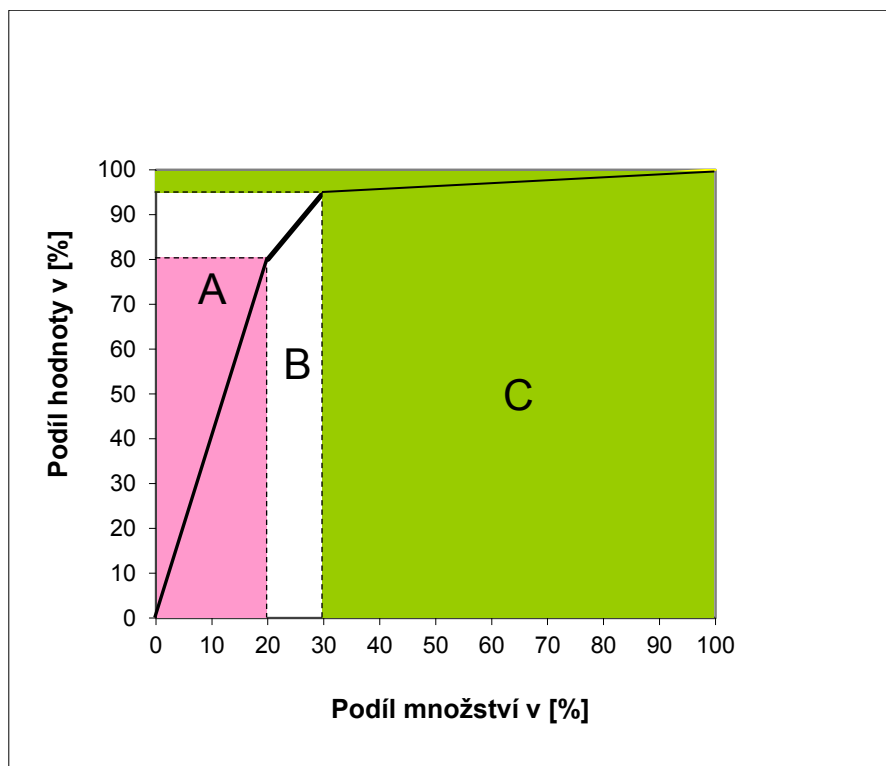
- Číslo a název položky.

- Měrná jednotka množství (dále v textu MJ).
- Velikost výdeje v MJ za analyzované období.
- Průměrná nákladová cena.
- Délka období s údaji pro položku v kalendářních dnech.
- Okamžitá zásoba v MJ na konci analyzovaného období.
- Průměrná zásoba v MJ během analyzovaného období.
- Datum posledního výdaje.
- Velikost příjmu v MJ za analyzované období.

Tab. č. 2.1: Metoda ABC – rozdělení zásob [1]

<b>Název skupiny</b>	<b>Podíl materiálových položek [%]</b>	<b>Podíl na celkové roční spotřebě zásob [%]</b>
A	5 - 10 %	60 - 80 %
B	15 - 25 %	15 - 25 %
C	60 - 80 %	5 - 15 %

Každá ze tří skupin je analyzována zvlášť. Ve skupině A jsou nejčastěji spotřebovávané materiálové položky, kterých bývá většinou nejmenší počet, ale tvoří největší podíl v celkové roční spotřebě. Tyto položky A jsou pro firmu stěžejní, jedná se o položky vysokých objemů s velkými pohyby příjmů a výdejů. Položkám A je třeba věnovat maximální pozornost. Naopak ve skupině C je velký počet položek, které se ovšem na roční spotřebě podílejí nejméně. Položky C jsou tedy málo objemové a málo používané. Skupina B, potažmo položky B jsou středně objemové položky. Grafické zobrazení rozdělení zásob podle metody ABC znázorňuje Lorenzova křivka [2].



Obr. č. 2.1: Lorenzova křivka – metoda ABC

Podkladem pro analýzu ABC je sestava skladových položek, které musí mít svůj název, měrnou jednotku množství, velikost příjmu a výdeje za sledované období, zůstatek na konci období, průměrnou nákladovou cenu v Kč, délku sledovaného období (nejčastěji 1 rok) a další pro podnik důležité upřesňující specifikace.

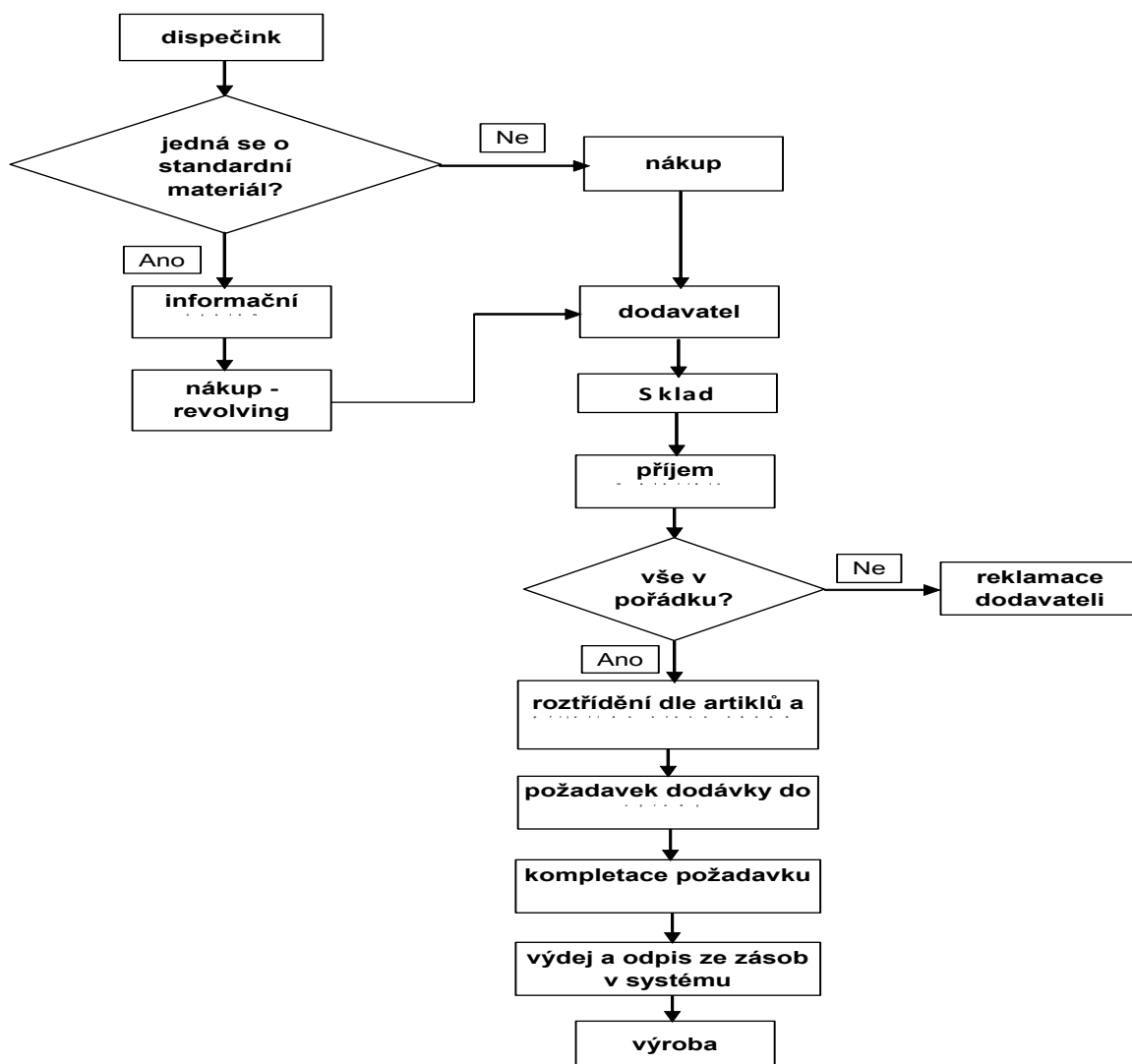
## 2.2 Specifikace prostředí podniku

Analýza zásobování byla provedena ve stavební firmě, která se zabývá výrobou a prodejem uceleného systému řešení otvorových výplní v rodinných i panelových domech. Denní produkce podniku je 800 okenních jednotek, měsíční produkce se pohybuje kolem 16 000 okenních jednotek. Výrobky podniku jsou vyráběny ze značkového profilového systému německé firmy Rehau, která se zabývá výrobou plastů již 40 let. Okna jsou konstruována na vícekomorovém principu s použitím ocelových pozinkovaných výztuh. Okna a dveře jsou vyráběna v širokém sortimentu barevných provedení včetně dřevodekorů a pastelových odstínů. Tyto barevné dekory je možné použít jak v provedení jednostranném, tak i oboustranném. Kromě okenních prvků podnik nabízí i příslušenství jako jsou vnitřní a vnější parapety, síť proti hmyzu, žaluzie, rolety, poštovní schránky a další příslušenství tak, aby poskytnutý zákaznický servis přinášel odběratelům co největší přidanou hodnotu.

Distribuční síť navazující na hlavní provozní závod v Zábřehu zahrnuje 18 vlastních obchodních zastoupení a cca dalších 70 autorizovaných prodejců. V roce 2001 byla společnost plně certifikována podle standardů ISO 9001.

## 2.3 Analýza současného stavu zásobování a skladování

Analýza zásobovacího a skladovacího procesu firmy je důležitá z hlediska sledování toků materiálu a informací. Proces zásobování a skladování ve firmě je rozdělen do kompetence dvou různých oddělení, která spolu ale úzce spolupracují.



Obr. č. 2.2: Průtok zakázky firmou

Celý proces zásobování (viz obrázek č. 2.2) začíná v okamžiku přijetí závazné objednávky od zákazníka (dále v textu zakázka). Zakázka je nejdříve zanesena do informačního systému CRM databáze a podle její náročnosti je zarezervována určitá výrobní kapacita. Tato rezervace je však předběžná, protože zakázka je kontrolována technickým oddělením, které může odhalit výrobní nesrovnalosti a zakázku vrátit na oddělení rozpočtů k doplnění. Pokud je vše v pořádku, zakázka je po technickém zpracování převedena do výrobní verze, čímž dojde k načtení dat a materiálu do Orsoftu (účetní a skladový program) a zakázka se vrací zpět na dispečink. Oddělení dispečinku zakázky zkontroluje a případné technické změny zohlední v plánu. Zakázky dále roztřídí na ty ze standardního materiálu a z materiálu nestandardního. Standardní materiál je nejpoužívanější materiál pro výrobu, většinou se jedná o bílé profily a základní barvy jako jsou zlatý dub, bahenní dub. Plastový standardní materiál je uveden v příloze, viz příloha č. 1. Ostatní materiál, který není v této příloze uveden, je materiál nestandardní. Zakázky z nestandardního materiálu jsou předány oddělení nákupu k objednání materiálu. Ostatní standardní materiál je objednáván tak, aby byla vždy skladem minimální zásoba, která se formou karet vydává do výroby. Výše minimální zásoby je určena podle nastavené výrobní kapacity a její hladinu hlídá sklad. Klesne-li aktuální úroveň zásoby pod hladinu minimální zásoby, předá oddělení skladu informaci oddělení nákupu a to doobjedná další materiál. Oddělení nákupu také provádí kontrolu skladem požadovaného materiálu a to ve skladovém programu Orsoft. Program Orsoft však neeviduje neshody vzniklé při výrobě a počítá jen s přednastaveným prořezem 7%, který však ne vždy odpovídá realitě. Prořezem se rozumí zbytkový materiál, který je po nařezání šestimetrové tyče (materiál, kterým se práce bude zabývat, je dodáván v šestimetrových tyčích uložených na paletách viz obr. č. 2.3) vyřazen jako zbytkový. To vše významně zkresluje spolehlivost výstupů z programu Orsoft, nutných pro objednání a vyžaduje tedy upřesnění ze skladu. Kromě toho software Orsoft nepracuje s dodacími lhůtami jednotlivých dodavatelů a nedokáže tedy nákupčímu vygenerovat objednávku a upozornit na její odeslání tak, aby materiál byl v potřebnou dobu ke splnění termínu výroby zakázky ve firmě.



Obr. č. 2.3: Převážní a skladovací palety

### **2.3.1 *Nákup materiálu***

Nákup materiálu provádí oddělení nákupu, kde jednotliví nákupčí za pomoci softwaru Orsoft zajišťují objednávání svěřených sortimentních materiálových položek. Skladový software umožňuje sledovat pohyby příjmu a výdeje materiálu, ale má i řadu nedostatků. Kromě již zmíněných i ten, že není možno zjistit, zda materiál na skladě je již blokován na jinou zakázku. Odpovědný nákupčí používá při objednávání materiálu hodnoty z centrálního skladu.

Nákup zásob ve firmě probíhá dvěma způsoby. Jelikož je nabídka materiálového sortimentu velmi široká, je nákup materiálu rozdělen do dvou skupin:

- Materiál, který se používá standardně a objednává se v paletovém množství.
- Materiál, který se objednává přímo na zakázky.

Materiál, který je považován za standardní, musí být vždy výrobě k dispozici a je objednáván automaticky z informačního systému nebo na základě vyžádání skladu z důvodů popsaných již dříve v textu. Materiál nestandardní (barevné profily, specifický nářezový materiál, atd.) je objednáván ze systému přímo na zakázky a tyto objednávky jsou jednotlivým dodavatelům zasílány samostatně. Běžná dodací lhůta materiálu je 5 pracovních dní. Software Orsoft umožňuje ruční vygenerování objednávky, ale bohužel neposkytuje nákupčímu komfort na bázi automatické kontroly, kterou by byl celý proces značně usnadněn. Ideálním stavem by bylo systémem hlídané požadované množství jednotlivých materiálových položek, jejich dodacích lhůt a s předstihem vygenerovaná objednávka, kterou by nákupčí jen

přeposlal jednotlivým dodavatelům. Takový systém by měl umět také upozorňovat na kolize v termínech dodání materiálu a zahájení výroby.

### **2.3.2 *Proces skladování***

Proces skladování začíná příjmem materiálu od dodavatelů. Jednotliví dodavatelé dovážejí materiál v předem stanovené dny tak, aby měl sklad dostatečný časový prostor na přebrání materiálu. Většina dodavatelů dodává materiál dvakrát týdně v závislosti na objednaném množství. Během vykládky materiálu v centrálním skladu je zkontrolován druh a dovezené množství materiálu. Fyzickou přejímku provádí skladník dle dodacího listu. Při vykládce skladník kontroluje nejenom množství, ale i kvalitu materiálu. Poškozený nebo špatně dodaný materiál není převzat a je vrácen dodavateli jako reklamace. Nepřevzatý materiál je zapsán do dodacího listu a je předán řidiči, který objednaný materiál dovezl. Kromě dodacího listu je vyhotoven také protokol o neshodě, který je předán oddělení nákupu. Podle tohoto protokolu následně oddělení nákupu vyřizuje s dodavatelem reklamaci. Odsouhlasené položky z dodacího listu přijme do stavu zásob dispečerka skladu tak, že je elektronicky naskladní do skladového systému Orsoft. Od této chvíle jsou položky skladem a stav skladu je automaticky přístupný i nákupčím jednotlivých sortimentních druhů. Přijatý materiál je roztríděn podle jednotlivých materiálových položek a uložen do příslušných regálů, odkud je potom vyskladňován na základě požadavku z oddělení výroby, servisu nebo dispečinku. Požadavky jsou skladem evidovány, kompletovány a vyskladňovány v termínu, kdy je potřeba zajistit jejich převoz do místa určení (výroba, servisní nebo expediční sklad). Během fyzického výdeje materiálu skladník zapíše materiálovou položku na převodku z centrálního skladu do příslušného skladu, nejčastěji do skladu výrobního. Převodka je protokol se zápisem čísla, barvy, názvu materiálu předávaného výrobě a obsahuje i podpis vychystávajícího skladníka. Na základě této převodky dispečerka skladu elektronicky odepíše materiál z hlavního skladu ve skladovém programu Orsoft. U nestandardního barevného materiálu, který je určen přímo na zakázku, odepisuje dispečerka materiál dle sestavy výrobního plánu, v němž má od skladníka veškeré informace a potvrzení, že materiál byl skutečně vydán.

Ve výrobě přebírá skladem vychystaný materiál výrobní skladník. Tento pracovník materiál znovu zkontroluje a naváží materiál do dílny dle požadavků. Požadavkem standardního materiálu jsou karty, pomocí nichž oddělení výroby eviduje své materiálové potřeby. Nestandardní materiál přebírá pracovník výroby již zkompletovaný podle zakázek.



Tento materiál je uložen v přepravních a skladovacích paletách, které jsou označeny pořadovým číslem. Sklad každou dodávku nestandardního materiálu vybavuje sestavou zakázek podle výrobního plánu, který obsahuje informace o čísle zakázky, materiálové položce, barvě požadovaného materiálu a množství. Skladník materiál zkontroluje po stránce kvality a kompletnosti. Jakmile mistr výroby zařadí konkrétní zakázku do výrobního procesu, skladník na ni naveze do dílny všechny potřebný materiál.

### ***2.3.3 Používané skladové technologie***

V podniku se používá kombinace několika skladových technologií, které se vzájemně doplňují. Skladované zásoby jsou umístěny v šestimetrových podlouhlých speciálních paletách, protože jak již bylo uvedeno, je většina materiálu dodávána v šestimetrových tyčích. Palety lze na sebe stohovat, maximálně však 5 palet na sebe. Takovéto paletové regály jsou rozmístěny v řadách vedle sebe. Mezi jednotlivými bloky jsou manipulační uličky, kterými se skladníci pohybují s vysokozdviznými vozíky při manipulaci s paletami. Většina materiálu je uskladněna v kryté hale, výjimečně je plastový materiál uskladněn na volném prostranství podél skladové haly. Bývá to většinou bílý materiál, který je zabalen v ochranné fólii a tím je i ochráněn proti povětrnostním podmínkám. Také to bývá materiál určený k nejbližšímu převozu na výrobu a vyřazený materiál, který je určen k likvidaci. Drobný spojovací materiál je uložen v policových regálech nebo u většího množství je skladován v krabicích přímo na europaletách, které lze také stohovat – maximálně však 2 palety na sebe. Sklad podniku není automatizovaný. V současné době je jedinou informační technologií ve skladu software Orsoft. Skladová evidence má podobu sestavy celkového stavu skladu. Z důvodu časté manipulace s jednotlivými regály nejsou určeny přesné lokace jednotlivých materiálových položek. Sklad zatím nevyužívá čárové ani jiné kódy. Pro manipulaci využívá oddělení skladu dva motorové vysokozdvizné vozíky s nosností 3,5 t a jeden bezmotorový paletový vozík.

## **3 Analýza vstupních údajů pro potřeby simulace**

Analýza vstupních údajů pro potřeby simulace bude vytvořena z podkladů chodu firmy za rok 2009. Budou zde použita data ze skladového programu Orsoft, kde jsou zaznamenány veškeré příjmy a výdeje materiálových položek (datum, množství, aktuální stav skladu...).

Metodou ABC bude vybrán předem stanovený počet materiálových položek, se kterými bude provedena simulace v programu Witness.

### ***3.1 Metoda ABC***

Jelikož nebude simulován pohyb všech položek, kterých je v podniku kolem 7000, je nutno z těchto všech položek vybrat ty, kterými se budeme dále zabývat. Pro tyto účely byla vybrána metoda ABC. Pomocí této metody bylo roztríděno široké spektrum sortimentních položek do skupin, z nichž dalším výběrem byly vyčleněny položky, které mají v podniku největší spotřebu. U vybraných položek byl zanalyzován jejich současný pohyb a pomocí experimentů v programu Witness mohly být navrženy případné změny v systému zásobování těmito položkami. Jako podklad pro výběr materiálových položek bylo použito dat z roku 2009.

#### **Postup při analýze metodou ABC:**

- Vybere se sestava skladových materiálových položek a provede se analýza jejich pohybu na skladě.
- Pro každou položku z analyzované sestavy se vypočte hodnota její roční spotřeby (roční spotřeba měrné jednotky vynásobená nákupní cenou) a sestupně seřadí podle pořadí.
- U jednotlivých položek se vypočte jejich kumulativní procentuální podíl na celkové spotřebě.
- Podle výsledků se sestava rozdělí do tří skupin A, B, C a určí se jasná rozhraní mezi skupinami. Graficky lze znázornit pomocí Lorenzovy křivky.
- Na základě aktuálních pohybů materiálových položek a roztrídění do skupin A, B, C se získá doporučení vhodné strategie řízení pro každou sortimentní skupinu, což je i výsledkem metody.

### ***3.2 Popis procesu získání potřebných dat pro potřeby metody ABC***

Pro získání údajů potřebných pro metodu ABC bylo nutné shromáždit veškerá důležitá data týkající se všech pohybů materiálových položek na skladě. Pro příjem a výdej materiálu byla použita data ze skladového programu Orsoft, kde je zapsán název, číslo materiálové

položky, datum pohybu (příjem nebo výdej), velikost dodávky nebo výdeje a aktuální stav hodnoty skladu k danému dni. Velikost zásob na skladě je zaznamenána jednak v měrné jednotce, tedy v metrech, ale také v peněžní jednotce v Kč. Ukázka prostředí v programu Orsoft viz obr. č. 3.1. Na obrázku je vidět pohyb materiálové položky „Křídlo 60 oblé BRD“ za měsíc září 2009.

Čís.materiálu	N á z e v										
550060001	Křídlo 60 oblé BRD										
.....	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Dat.poh.	DR	Čís.dokladu	D	P	Dod/Utv	Příjem množ	Příjem hod	Výdej množ	Výdej hod	Stav množ	Stav hod
1.9.2009	66	9010600149	13	58	VP	1110	0	-	96,00	7 104	8 614,00
4.9.2009							0	-	1 386,00	102 564	7 228,00
7.9.2009							1 848,00	136 752,00	927,00	68 598	8 149,00
8.9.2009							0	-	558,00	41 292	7 591,00
10.9.2009							1 386,00	102 564,00	1 386,00	102 564	7 591,00
14.9.2009	64	9010400807	16	35	VP	1001	0	-	924,00	68 376	6 667,00
15.9.2009	66	9010600163	14	58	VP	1110	0	-	138,00	10 212	6 529,00
16.9.2009							1 386,00	102 564,00	462,00	34 188	7 453,00
17.9.2009							4 158,00	307 692,00	462,00	34 188	11 149,00
18.9.2009	64	9010400831	14	35	VP	1001	0	-	1 386,00	102 564	9 763,00
21.9.2009							3 234,00	239 316,00	0	0	12 997,00
22.9.2009	64	9010400847	2	35	VP	1001	0	-	924,00	68 376	12 073,00
23.9.2009	66	9010600173	25	58	VP	1110	0	-	222,00	16 428	11 851,00
24.9.2009							924,00	68 376,00	30,00	2 220	12 745,00
25.9.2009	64	9010400864	10	35	VP	1001	0	-	462,00	34 188	12 283,00
29.9.2009							2 310,00	170 940,00	0	0	14 593,00
30.9.2009							0	-	1 014,00	75 036	13 579,00
											1 004 846,00

Obr. č. 3.1: Pohyb materiálu křídlo BR za měsíc září 2009

Data ze skladového programu Orsoft za sledované období byla převedena do programu Excel, kde byla dále zpracována jako podklad pro výběr 6 materiálových položek.

### 3.3 Výběr skladových položek metodou ABC pro potřeby simulace

Pro rok 2009 přichází v úvahu 6 745 materiálových položek. Pro potřeby diplomové práce bylo rozhodnuto, že bude simulován pohyb 6 vybraných položek. Nebylo by problémem simulovat pohyb více položek, tímto by však vzrostl počet dat, které by bylo nutno zpracovat. Prvotním rozčleněním sortimentu byly získány tři hlavní materiálové skupiny dle druhu materiálu. První skupinou jsou železné výztuhy, druhou skupinu tvoří kování a třetí skupina jsou plastové profily. Železné výztuhy a kování se na objemu celkového stavu skladu podílejí asi z 1/3 a vzhledem ke skladovacímu prostoru jsou méně náročné. Nejproblémovější a nejobsáhlejší skupinou jsou plastové profily, u nichž hrozí velké riziko vzniku nadměrných zásob a tím i výrazný tlak na skladové prostory a finanční zatížení podniku. Proto pro další výběr potřebných položek byly vybrány plastové profily, které čítají 3 669 materiálových položek.

Vzhledem k obsáhlosti této druhové skupiny byla tato skupina rozdělena do 10 sortimentních skupin podle použití:

- Skupina 1 – okenní křídla.
- Skupina 2 – dvevní křídla.
- Skupina 3 – zasklívací lišty.
- Skupina 4 – rámy.
- Skupina 5 – štulpy.
- Skupina 6 – sloupky, příčky.
- Skupina 7 – příbalový materiál.
- Skupina 8 – rozšiřovací profily, okopy.
- Skupina 9 – materiál pro přípravu výroby.
- Skupina 10 – hliníkové profily.

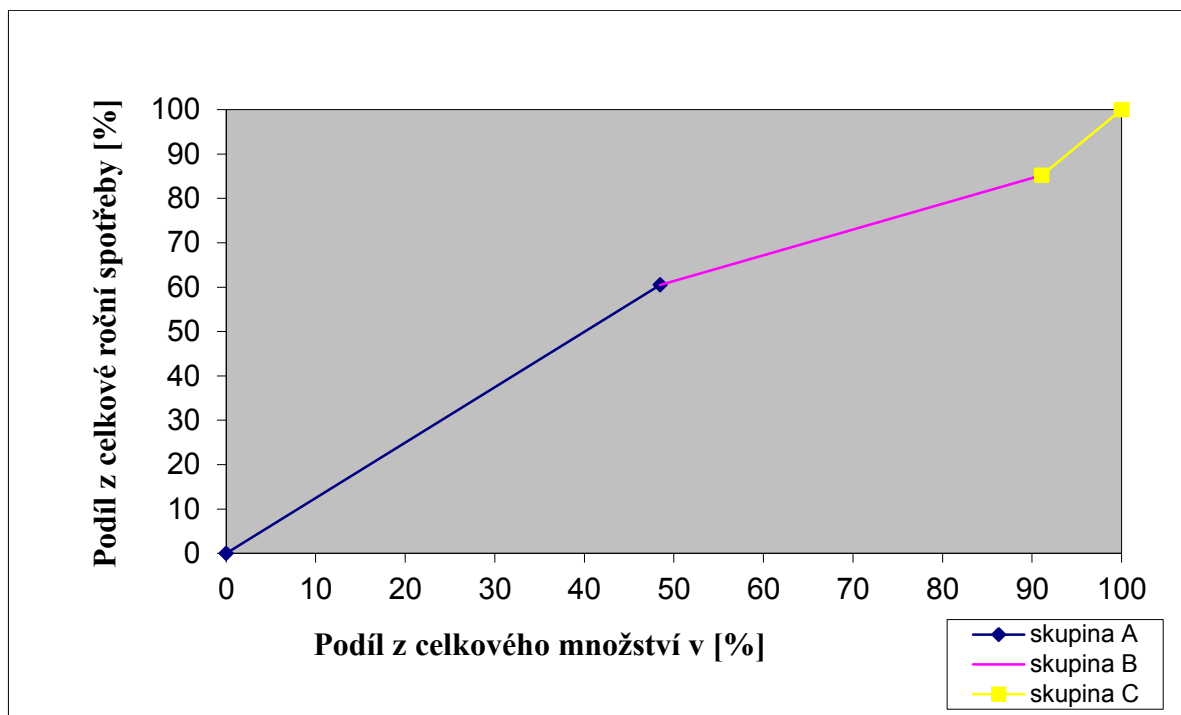
Kritériem pro výběr materiálových položek metodou ABC byla hodnota roční spotřeby jednotlivých skupin, u nich byla dále vypočtena průměrná cena všech materiálových položek ve skupině a průměrná roční spotřeba na měrnou jednotku. Z těchto dvou hodnot byla vypočtena průměrná hodnota roční spotřeby, následně vyčíslená i v procentech. Dle procentuálního vyčíslení jednotlivých sortimentních skupin, byly jednotlivé sortimentní skupiny zařazeny do skupin A,B,C viz tab. č. 3.1 a tab. č. 3.2.

Tab. č. 3.1: Struktura sortimentálních materiálových skupin, jejich spotřeba a podíl z celkové hodnoty roční spotřeby v procentech

Skupina	Průměrná cena [Kč/m]	Průměrná roční spotřeba [m]	Průměrná roční spotřeba [Kč]	Podíl z celkové roční spotřeby [%]
1 - okenní křídla	244	673	164 212	20,24
2 - dvevní křídla	303	163	49 389	6,09
3 - zasklívací lišty	67	1194	79 998	9,86
4 - rámy	206	857	176 542	21,76
5 - štulpy	191	92	17 572	2,17
6 - sloupky, příčky	266	148	39 368	4,85
7 - příbalový materiál	149	1007	150 043	18,49
8 - rozšiřovací profily, okopy	219	63	13 797	1,70
9- materiál pro přípravu výroby	87	794	69 078	8,51
10 - hliníkové profily	210	245	51 450	6,34
Celkem		5236	811449	100,00

Tab. č. 3.2: Hodnoty roční spotřeby skupin v [%] a zařazení materiálu do skupin A,B,C

Skupina materiálu	Podíl z celkové hodnoty roční spotřeby [%]	Kumulativní podíl [%]	Zařazení materiálu do skupin A,B,C
<b>4 - rámy</b>	<b>21,76</b>	<b>21,76</b>	<b>A</b>
<b>1 - okenní křídla</b>	<b>20,24</b>	<b>41,99</b>	<b>A</b>
<b>7 - příbalový materiál</b>	<b>18,49</b>	<b>60,48</b>	<b>A</b>
3 - zasklívací lišty	9,86	70,34	B
9- materiál pro přípravu výroby	8,51	78,86	B
10 - hliníkové profily	6,34	85,20	B
2 - dvevní křídla	6,09	91,28	C
6 - sloupky, příčky	4,85	96,13	C
5 - štulpy	2,17	98,30	C
8 - rozšiřovací profily, okopy	1,70	100,00	C
Celkem	100,00		



Obr. č. 3.2: Podíl skupin A,B,C na celkové roční spotřebě

Podle procentuálně vyčíslených celkových hodnot roční spotřeby byly do skupiny A vybrány skupiny č. 1, 4 a 7. Jedná se o rámy, okenní křídla a příbalový materiál. Po této úpravě však stále zůstalo k dispozici 1800 materiálových položek, proto bylo přistoupeno k dalšímu dělení metodou ABC k upřesnění výběru materiálových položek. Ze skupin č. 1, 4, 7 vznikly následným rozdělením další podskupiny, znázorněné v tabulce č. 3.3.

Tab. č. 3.3: Podskupiny vzniklé prvním použitím metody ABC

Podskupina okenní křídla (skupina 1)	Podskupina rámy (skupina 4)	Podskupina příbalový materiál (skupina 7)
skupina 1 křídlo 60	skupina 1 rám TD	skupina 1 krycí fólie
skupina 2 křídlo A60	skupina 2 renovační rám	skupina 2 dilatační profil
skupina 3 křídlo 74	skupina 3 panelákový rám	skupina 3 profil H
skupina 4 křídlo A74	skupina 4 rám 98	skupina 4 kopplong profil
skupina 5 křídlo 84MD	skupina 5 rám 76	skupina 5 krycí lišta
skupina 6 křídlo Z60	skupina 6 rám 68	skupina 6 profil kloubu
skupina 7 křídlo Z52	skupina 7 rám 64	skupina 7 fasádní sloupek
skupina 8 křídlo A52	skupina 8 rám 120/60	skupina 8 roletové vedení
skupina 9 křídlo Z84MD	skupina 9 rám 106	skupina 9 parapetní profil
skupina 10 křídlo Nordic	skupina 10 rám Nordic	skupina 10 rohový profil
skupina 11 křídlo Geneo Z57	skupina 11 rám 72	skupina 11 úhelník
skupina 12 křídlo Z74		skupina 12 vyztužovací profil

Z těchto podskupin byly dalším následným použitím metody ABC vybrány materiálové položky dle tabulek č. 3.4, č. 3.5 a č. 3.6.

Tab. č. 3.4: Hodnoty roční spotřeby skupin v [%] a zařazení materiálu do skupin A, B, C pro skupinu 1 - křídla

Název materiálu	Podíl z celkové hodnoty roční spotřeby [%]	Kumulativní podíl [%]	Zařazení materiálu do skupin A,B,C
11 - křídlo Geneo Z57	42,98	42,98	A
1 - křídlo 60	19,61	62,59	A
6 - křídlo Z 60	13,02	75,60	B
5 - křídlo 84 MD	10,58	86,19	B
3 - křídlo 74	6,40	92,58	C
9 - křídlo Z84 MD	2,86	95,45	C
2 - křídlo A60	1,87	97,32	C
12 - křídlo Z74	1,19	98,51	C
7 - křídlo Z52	0,94	99,45	C
4 - křídlo A74	0,30	99,75	C
8 - křídlo A52	0,25	100,00	C
10 - nordic křídlo	0,00	100,00	C

Tab. č. 3.5: Hodnoty roční spotřeby skupin v [%] a zařazení materiálu do skupin A,B,C pro skupinu 4 – rámy

Název materiálu	Podíl z celkové hodnoty roční spotřeby [%]	Kumulativní podíl [%]	Zařazení materiálu do skupin A,B,C
3 - panelákový rám	42,67	42,67	A
11 - geneo rám 72	24,18	66,85	A
7 - rám 64	9,24	76,10	B
6 - rám 68	8,83	84,93	B
9 - rám 106	6,18	91,11	B
4 - rám 98	3,22	94,33	C
2 - rám renovační	2,71	97,04	C
5 - rám 76	1,52	98,55	C
8 - rám 120/60	1,31	99,86	C
1 - rám TD	0,14	100,00	C
10 - rám nordic	0,00	100,00	C

Tab. č. 3.6: Hodnoty roční spotřeby skupin v [%] a zařazení materiálu do skupin A,B,C pro skupinu 7 – příbalový materiál

Název materiálu	Podíl z celkové hodnoty roční spotřeby[%]	Podíl součtově[%]	Zařazení materiálu do skupin A,B,C
8 - Parapetní profil	56,78	56,78	A
4 - Krycí lišta	7,04	63,82	B
7 - Roletové vedení	6,78	70,60	B
9 - Rohový profil	6,19	76,79	B
11 - vyztužovací profil	5,89	82,68	B
1 - Dilatační profil	4,78	87,45	B
2 - Profil H	3,77	91,23	C
6 - Fasádní sloupek	3,05	94,28	C
3 - Kopplong profil	2,85	97,13	C
10 - Úhelník	2,22	99,35	C
5 - Profil kloubu	0,65	100,00	C

Po vybrání těchto druhů materiálu bylo nutné dalším následným použitím metody ABC vybrat ze zbývajících množství 320 materiálových položek (liší se ne druhem materiálu, ale barevným provedením) výsledných 6 materiálových položek, jež jsou uvedené v tabulce č. 3.7.

Tab. č. 3.7: Výsledné materiálové položky

Číslo materiálové položky	Název materiálové položky
5320357	GENEO Křídlo 57 bílé
5500600	Křídlo 60 oblé BRD bílé
5990600	Křídlo 60 oblé BRD zlatý dub/bílá
5501310	Rám 115 panelák BRD bílé
5320157	GENEO Rám 72 MD bílé
5610130	Profil parapetní 30mm

Podíl vybraných materiálových položek na spotřebě činí 1,38% z celkového počtu spotřeby všech 6 745 materiálových položek a 6,18% z celkové hodnoty roční spotřeby vydaného materiálu pro potřeby výroby. Z celkového počtu 3 669 různých druhů plastových materiálů činí podíl 6 vybraných položek na spotřebě ve vydaném množství 12,89% a 18,62% z celkové hodnoty vydaného plastového materiálu pro potřeby výroby.

### 3.4 *Popis procesu získání potřebných dat pro potřeby simulace*

Potřebná data byla čerpána ze skladového programu Orsoft za sledované období. Pro všechny vybrané materiálové položky byly ze skladového programu Orsoft sledovány tyto položky:

- Datum příjmu.
- Datum výdeje.
- Velikost příjmu.
- Velikost výdeje.

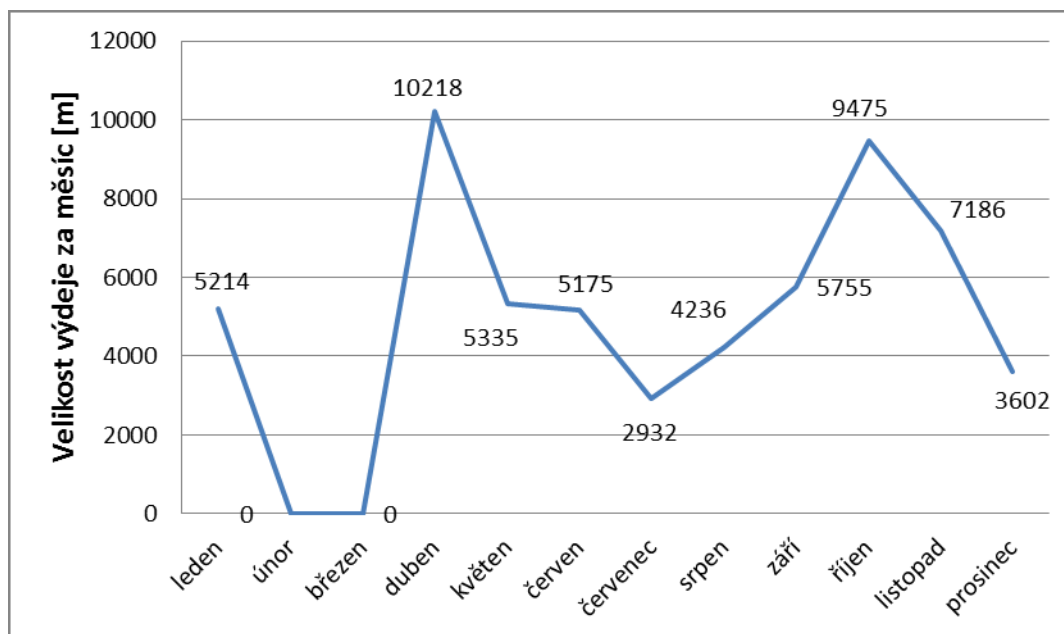
Ukázka získaných dat je uvedena v tabulce č. 3.8. Mezery mezi výdeji jsou vyjádřeny v minutách, protože simulační software Witness používá jako základní časovou jednotku minutu.



Tab. č. 3.8: Ukázka zpracovaných a převedených dat z programu Orsoft do programu excel –  
křídlo dub

Datum	Velikost příjmu [m]	Mezera mezi dodávkami [min]	Datum	Velikost výdeje [m]	Mezera mezi dodávkami [min]
1. 1. 2009	690	0	1. 1. 2009	0	0
19. 1. 2009	324	27360	21. 1. 2009	1236	30240
20. 1. 2009	924	1440	22. 1. 2009	462	1440
28. 1. 2009	462	11520	27. 1. 2009	2	7200
29. 1. 2009	462	1440	30. 1. 2009	462	4320
4. 2. 2009	924	8640	5. 2. 2009	462	8640
5. 2. 2009	462	1440	9. 2. 2009	462	5760
11. 2. 2009	462	8640	16. 2. 2009	462	10080
11. 3. 2009	462	40320	18. 2. 2009	24	2880
13. 3. 2009	924	2880	20. 2. 2009	2	2880
18. 3. 2009	462	7200	23. 2. 2009	6	4320

Na obrázku č. 3.3 je znázorněn průběh velikosti výdeje položky parapetní profil v jednotlivých měsících roku 2009. Jak je z obrázku patrné, velikost výdeje v průběhu roku poměrně kolísá, může nastat situace (a také k nim dochází), že na skladě nebude dostatečné množství dané položky pro pokrytí potřeb výroby. V případě nedostatečného pokrytí výroby materiálem nedojde k zastavení výroby, ale musí se upravit denní výrobní plán tak, aby zakázka, na kterou materiál chybí, byla dána do výroby až v době dodání materiálu jinými prostředky, než jsou již dříve v textu popsány způsoby. V těchto případech je dodání materiálu řešeno vlastní dopravou. Dodací lhůta je v tomto případě řádově v hodinách. Grafy pro ostatní materiálové položky jsou uvedeny v příloze č. 2.



Obr. č. 3.3: Průběh měsíčních výdejů materiálové položky parapetní profil

## 4 Návrh simulačního modelu

Simulační model bude vytvořen v prostředí Witness, což je software určený pro simulaci a optimalizaci výrobních, obslužných a logistických systémů. Software byl vyvinut pro potřeby manažerského řízení podniku, kdy formou interaktivních simulací podporuje řešení nejrůznějších provozních, organizačních a technických problémů souvisejících s optimalizací podnikových procesů. Witness napomáhá v omezování rizik při realizaci procesních změn v podnicích zejména tím, že nabízí možnost tvorby interaktivního simulačního modelu, který srozumitelně zmapuje složité podnikové procesy, vyhodnotí je a navrhne jejich efektivní optimalizaci. Zároveň je možné testovat různé varianty požadovaných změn a lépe tak analyzovat jejich výsledky a dopad na chování procesu. Aktivně vyhledává problémové oblasti procesu, vyhodnocuje jejich ohrožení a přínosy pro výkon podniku, čímž významně napomáhá v rozhodování podniku o investicích, technologických změnách, rozšíření strojového vybavení apod. Při vývoji programu Witness byl kladen důraz na jeho spolehlivost, interaktivní možnost využití, snadné ovládání a celkový uživatelský komfort. Pracovní prostředí programu umožňuje snadnou simulaci modelů, kdy i velmi složité procesy dokáže zpřehlednit tak, aby byla zachována jejich logická posloupnost a přitom byly splněny nároky na funkcionalitu jednotlivých jeho částí. Software umožňuje rozsáhlou rovinu experimentování s modely [3].

## **4.1      *Základní pojmy z oblasti simulace***

Mezi základní pojmy z oblasti simulace patří termíny systém, model a simulace [4].

Systém je objekt, který má své vstupní a výstupní signály svázané přes svoje vnitřní stavy pomocí jednoduchých diferenciálních nebo diferenčních rovnic. Okolí systému je vnější prostředí, v němž se systém pohybuje a se kterým komunikuje pomocí vstupů a výstupů. Stav systému představuje okamžité hodnoty stavových proměnných.

Model je označení pro abstrakci reálného objektu. V prostředí modelování a simulace vyjadřuje termín „model“ srovnání dvou systémů, kdy jednotlivým prvkům modelovaného systému je vždy přiřazen prvek systému modelujícího. Modely rozlišujeme podle charakteru procesu na deterministické a stochastické. Deterministické modely pracují s jasně určenými a jednoznačnými veličinami, nezahrnují náhodné veličiny. Stochastické modely pracují s náhodnými veličinami a náhodný charakter mají i použité metody.

Podle definičního oboru proměnných můžeme modely rozdělit na diskrétní a spojitě. Diskrétní modely zachycují veličiny nespojitě v určitých časových intervalech. Ve spojitých modelech proměnné mění své hodnoty ve sledovaném čase spojitě. Oba typy modelů lze kombinovat a tím vznikají modely kombinované.

Modelování představuje experimentální proces, při němž se zkoumanému originálu - reálnému objektu - modelovanému systému - jednoznačně podle určitých kritérií přiřazuje fyzický nebo abstraktní model - jiný systém. Výsledkem modelování je vytvořený model. Smyslem modelování je náhrada zkoumaného systému jeho modelem a pomocí experimentů s modelem získat informaci o původním zkoumaném systému.

Simulace je výzkumná technika, jejíž podstatou je náhrada zkoumaného dynamického systému jeho simulačním modelem s tím, že se simulátorem se experimentuje s cílem získat informace o původním zkoumaném dynamickém systému.

## 4.2 *Tvorba modelu v programu Witness*

Základními stavebními prvky při tvorbě modelu jsou diskrétní, logické a grafické elementy. Upřesnění vybraných z nich jsou uvedeny níže.

Základní stavební prvky modelu v programu Witness mohou být rozděleny na:

- Diskrétní elementy, například:
  - Part – Součást.
  - Machine – Stroj.
  - Buffer – Zásobník.
- Logické elementy, například:
  - Attributes – Atributy.
  - Variables – Proměnné.
  - Distributions – Rozdělení pravděpodobnosti.
  - Functions – Funkce.
  - Shift – Směny.
- Grafické elementy, například:
  - Pie charts – Koláčové grafy.
  - Timeseries – Časové řady.
  - Histograms - Histogramy.

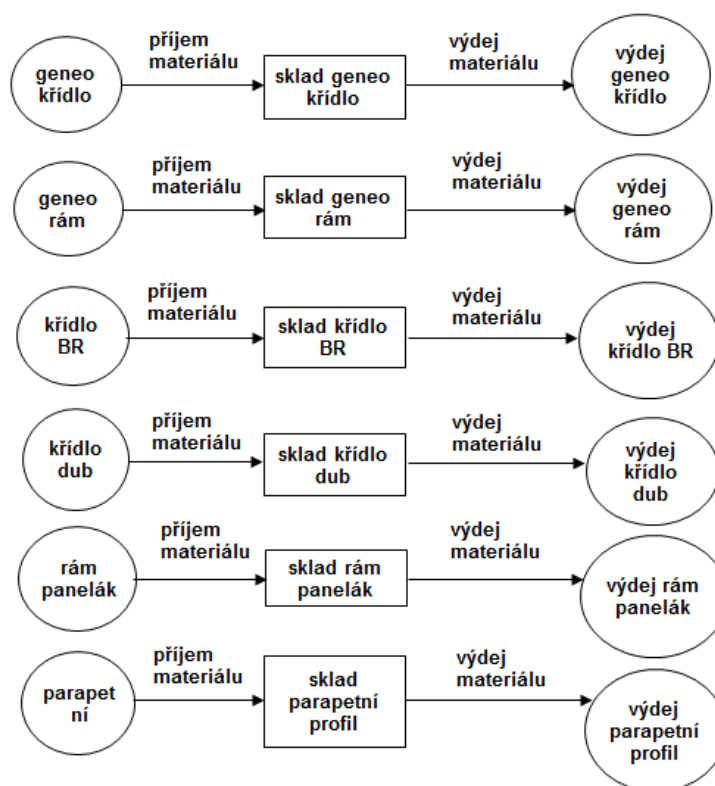
Vstupní a výstupní pravidla (input and output rules) slouží k vytvoření vazeb mezi jednotlivými diskrétními komponenty. Akce (actions) - uživatelem definovatelné akce, které jsou spouštěny událostmi vznikajícími během simulace.

Tvorba modelu vychází z tzv. pravidla 3 D:

- Define - definice jednotlivých prvků, ze kterých se model skládá.
- Display - zobrazení nastavuje všechny zobrazované součásti prvků a jejich grafickou reprezentaci.
- Detail - specifikace slouží k nastavení parametrů jednotlivých prvků v modelu včetně vazeb mezi nimi [4].

### 4.3 Pojmový model

Pojmový model určuje míru abstrakce daného procesu, přičemž platí, čím více se model blíží skutečnosti, tím je přesnější, ale i složitější. Tyto modely musí co nejvěrněji reprodukovat chování reálného systému. Pro tvorbu modelu bylo použito 6 vybraných materiálových položek. Základní schéma modelu je uvedeno na obr. č. 4.1. Jednotlivé materiálové položky jsou dodávány na sklad, přičemž je sklad pro každou položku modelován zvlášť, jak je patrné z obrázku č. 4.1. Materiál je potom z jednotlivých skladů vydáván na základě potřeb výroby.



Obr. č. 4.1: Základní schéma modelu

### 4.4 Implementace pojmového modelu pro prostředí Witness

Při tvorbě základního modelu bylo použito prvků typu součást (part), zásobníky (buffers), stroj (machine), proměnná (variable), soubory součástí (part file).

Grafické znázornění prvku typu součást je uvedeno na obr. č. 4.2, jsou to prvky modelující diskrétní jednotky pohybující se v modelovaném provozu. Jedná se o fyzické

součásti, výrobky, dokumenty, zákazníci. Mohou být zpracovány po jedné, montovány dohromady, děleny a měněny jedna v druhou. Do modelu mohou vstupovat o vlastní vůli nebo mohou být táhnuty jiným prvkem z vnějšího světa. Součásti ve vytvořeném modelu reprezentují materiálové položky, jejichž pohyb bude simulován. Jelikož bylo vybráno šest materiálových položek pro potřeby simulace, je i v tomto modelu použito šesti součástí. Jsou to:

- Součást „geneo\_kridlo“.
- Součást „geneo\_ram“.
- Součást „kridlo\_Br“.
- Součást „kridlo\_dub“.
- Součást „ram\_panelak“.
- Součást „parapetni\_profil“.



Obr. č. 4.2: Grafické zobrazení prvku typu součást

Grafické znázornění prvku typu zásobník je uvedeno na obr. č. 4.3. Zásobníky modelují místa, kde lze skladovat součásti, zásobníky jsou v modelu pasivními prvky. U zásobníku byla nastavena jen jeho kapacita a to tak, aby byla dostatečně velká. Kapacita každého zásobníku je uvažována 60 000 měrných jednotek. V modelu má každá vybraná materiálová položka svůj zásobník:

- Zásobník „Sklad\_geneo\_kridlo“.
- Zásobník „Sklad\_geneo\_ram“.
- Zásobník „Sklad\_kridlo\_Br“.
- Zásobník „Sklad\_kridlo\_dub“.
- Zásobník „Sklad\_ram\_panelak“.
- Zásobník „Sklad\_parapetni\_profil“.



Obr. č. 4.3: Grafické zobrazení prvku typu zásobník

Grafické znázornění prvku typu stroj je uvedeno na obr. č. 4.4. Stroje jsou prvky schopné reprezentovat cokoli, co někde odebírá součásti, zpracovává je a předává je dál. V modelu představuje tento prvek proces výdeje materiálu do výroby. Prvků stroj bylo v základním modelu použito šest, stejně jako počet vybraných materiálových položek. Jedná se o tyto stroje:

- Stroj „vydej\_geneo\_kridlo“.
- Stroj „vydej\_geneo\_ram“.
- Stroj „vydej\_kridlo\_Br“.
- Stroj „vydej\_kridlo\_dub“.
- Stroj „vydej\_ram\_panelak“.
- Stroj „vydej\_parapetni\_profil“.

Jejich nastavení bude podobné, proto bude podrobněji popsán jen jeden z nich a to stroj „vydej\_geneo\_kridlo“. Stroj je nastaven jako montážní (assembly), to znamená, že do stroje vstupuje počet součástí, který se rovná velikosti příslušného výdeje v MJ a ze stroje vystupuje pouze jedna součást, která je posílána pryč z modelu, jelikož pouze modelujeme pohyb materiálu na skladu, ale ne vlastní proces výroby. Proto je operační čas (cycle time) stroje nastaven jako nulový. Před dalším nastavením stroje bylo nutné zavést proměnné, bez kterých by nešla simulace realizovat.



Obr. č. 4.4: Grafické zobrazení prvku typu stroj

Ve výchozím modelu bylo použito proměnných (variables), které slouží k uložení potřebných informací o aktuálním stavu jednotlivých materiálových položek v modelu. Nyní se věnujme bližšímu popisu zavedených proměnných.

Proměnná „Mezera\_mezi\_vydejem“ vyjadřuje časovou mezeru mezi naposledy provedeným výdejem materiálu a následným výdejem příslušné položky v [min]. Na začátku simulace, tedy když je simulární čas nulový, vyjadřuje proměnná čas, který musí uplynout do prvního výdeje dané položky. Hodnoty mezer mezi výdeji jsou načítány z externího souboru Excel. Mezery plynou z provedeného rozboru, který byl proveden v kapitole č.3 „Analýza vstupních údajů pro potřeby simulace“. Počáteční hodnota proměnné se načítá pomocí

uvedeného zápisu v inicializačních akcích pomocí funkce „XLReadArray“ a to zápisem: „XLReadArray ("vydeje.xls","List1","\$A\$2",Mezera\_mezi\_vydejem1,1)“.

Tento zápis zajišťuje, že první mezera mezi výdejem bude načtena z příslušné buňky externího souboru. Pro každý druh materiálu byla zavedena jedna proměnná s názvem „Mezera\_mezi\_vydejem“ a to:

- „Mezera\_mezi\_vydejem1“.
- „Mezera\_mezi\_vydejem2“.
- „Mezera\_mezi\_vydejem3“.
- „Mezera\_mezi\_vydejem4“.
- „Mezera\_mezi\_vydejem5“.
- „Mezera\_mezi\_vydejem6“.

Proměnná „Posledni\_vydej“ vyjadřuje hodnotu simulárního času, ve kterém došlo naposledy k výdeji příslušného materiálu. Na začátku simulace je tato hodnota nulová, protože zatím k žádnému výdeji nedošlo. Pro každý druh materiálu byla zavedena jedna proměnná s názvem „Posledni\_vydej“ a to:

- „Posledni\_vydej1“.
- „Posledni\_vydej2“.
- „Posledni\_vydej3“.
- „Posledni\_vydej4“.
- „Posledni\_vydej5“.
- „Posledni\_vydej6“.

Proměnná „Kus\_vydej“ vyjadřuje velikost následujícího výdeje v [m], tedy kolik materiálu se bude následně vydávat ze skladu při nejbližším možném výdeji do výroby. Hodnoty velikosti výdeje jsou načítány z externího souboru Excel. Počáteční hodnota se načítá pomocí inicializačních akcí a to pomocí funkce „XLReadArray“ a to zápisem:

„XLReadArray ("vydeje.xls","List1","\$B\$2",Kusu\_vydej1,1)“.

Pro každý druh materiálu byla zavedena jedna proměnná s názvem „Kusu\_vydej“ a to:

- „Kusu\_vydej1“.
- „Kusu\_vydej2“.
- „Kusu\_vydej3“.
- „Kusu\_vydej4“.
- „Kusu\_vydej5“.



- „Kusu\_vydej6“.

Po zavedení proměnných „Mezera\_mezi\_vydejem“, „Posledni\_vydej“ a „Kusu\_vydej“ bylo opět přistoupeno k nastavení strojů modelujících výdej do výroby a to následujícími kroky. Do pole „From...“, kde je zaznamenáno vstupní pravidlo, se provedl zápis:

*IF TIME = Posledni\_vydej1 + Mezera\_mezi\_vydejem1 + 1*

*PULL from geneo\_kridlo out of Sklad\_geneo\_kridlo*

*ELSE*

*Wait*

*ENDIF*

Tento zápis modeluje výdej ze skladu pomocí vstupního pravidla v požadovaných dnech a požadovaných množstvích. Zápis:

„IF TIME=Posledni\_vydej1 + Mezera\_mezi\_vydejem1 + 1“

vyjadřuje podmínku, která musí být splněna, aby mohlo dojít k výdeji. *TIME* je proměnná, která vyjadřuje aktuální simulární čas. Jestliže se aktuální simulární čas rovná času posledního výdeje plus mezeře mezi výdejem zvýšené o 1, dojde k výdeji dané materiálové položky. Hodnota je zvýšena o 1 proto, aby v případech, kdy v jeden den dojde jak k příjmu, tak k výdeji materiálové položky, byl nejprve proveden příjem a teprve potom výdej materiálu ze skladu. Zápis:

„PULL from geneo\_kridlo out of Sklad\_geneo\_kridlo“

spolu s proměnnou „Kusu\_vydej1“ uvedenou ve vstupní kvantitě stroje (vstupní kvantita stroje udává počet součástí vstupujících do stroje v rámci jednoho cyklu stroje) zajistí, že se ze skladu vydá požadovaný počet materiálových jednotek dané položky. Výstupní pravidlo (To...), je zapsáno jako:

„PUSH to SHIP“.

Tento zápis vyjadřuje, že součásti vystupující ze stroje se odesílají ven z modelu. Abychom mohli zapsat další akci do akcí na výstupu součástí (actions on output), bylo potřeba nejprve vytvořit další proměnnou a to proměnnou „Radek\_excelu“.

Proměnná „Radek\_excelu“ vyjadřuje aktuální řádek sešitu v programu Excel, ze kterého se načítají data získaná z analýzy vstupních údajů. Na začátku simulace je hodnota „Radek\_excelu“ rovna 3, což je zajištěno pomocí inicializačních akcí modelu. Ke každé materiálové položce byla přiřazena vždy jedna proměnná „Radek\_excelu“. Názvy proměnných v modelu jsou:

- „Radek\_excelu1“.

- „Radek\_excelu2“.
- „Radek\_excelu3“.
- „Radek\_excelu4“.
- „Radek\_excelu5“.
- „Radek\_excelu6“.

Po zavedení proměnné „Radek\_excelu“ bylo přistoupeno k zápisu do „Actions on Output“.

*Posledni\_vydej1 = TIME*

*XLReadArray ("vydeje.xls", "list1", "\$B\$" + Radek\_excelu1, Kusu\_vydej1, 1)*

*XLReadArray ("vydeje.xls", "list1", "\$A\$" + Radek\_excelu1, Mezera\_mezi\_vydejem1, 1)*

*Radek\_excelu1 = Radek\_excelu1 + 1*

Zápis „*Posledni\_vydej1 = TIME*“ zajistí, že do proměnné „Posledni\_vydej1“ se uloží aktuální hodnota simulárního času, hodnota proměnné se tedy aktualizuje. Druhý řádek:

*„XLReadArray ("vydeje.xls", "list1", "\$B\$" + Radek\_excelu1, Kusu\_vydej1, 1)“*

říká, že z externího souboru vydeje.xls (výřez z tohoto souboru je uveden v tabulce č. 4.1) se z příslušného sloupce a příslušného řádku načte další hodnota velikosti aktuálního výdeje a aktualizuje se hodnota proměnné „*kusu\_vydej1*“. Třetí řádek:

*„XLReadArray ("vydeje.xls", "list1", "\$A\$" + Radek\_excelu1, Mezera\_mezi\_vydejem1, 1)“*

zajistí, že se z příslušné buňky načte další mezera mezi výdejem a tím se aktualizuje proměnná „*Mezera\_mezi\_vydejem1*“. Aby se načítání dalších hodnot posunulo na další řádek, musí se hodnota proměnné „*Radek\_excelu1*“ navýšit o 1, to zajistí zápis ve čtvrtém řádku „*Radek\_excelu1 = Radek\_excelu1 + 1*“. Tím je nastavení stroje „vydej\_geneo\_kridlo“ ukončeno. Nastavení zbylých strojů modelujících výdej materiálu do výroby je analogické.

Tab. č. 4.1: Výřez z externího souboru „vydeje.xls“

<b>mezera mezi dodávkami křídlo geneo [min]</b>	<b>velikost výdeje křídlo geneo [m]</b>	<b>mezera mezi dodávkami rám geneo [min]</b>	<b>velikost výdeje rám geneo [m]</b>
27360	1068	28800	180
1440	168	1440	90
1440	96	2880	300
2880	330	4320	594
4320	594	1440	18
1440	12	1440	144
1440	150	2880	634
2880	687	5760	48
5760	54	1440	114
1440	108	1440	744
1440	804	7200	132
7200	144	1440	618

Soubory součástí jsou textové soubory umožňující specifikovat vstup součástí do modelu a to včetně hodnot jejich atributů. Čas příchodu součásti lze specifikovat jako absolutní (čas od počátku simulace), nebo jako relativní (čas od příchodu poslední součásti). Soubory součástí jsou v modelu použity pro modelování vstupu součástí do modelu podle dat zjištěných z provedené analýzy, přičemž čas příchodu součásti je specifikován jako relativní. Ukázka těchto dat je na obr. č. 4.5.

V modelu jsou soubory součástí označeny slovem vstup a pak následuje název materiálové položky, například „Vstup\_geneo\_kridlo“. Dodání materiálu do příslušného skladu je zajištěno výstupním pravidlem: „Push to sklad\_geneo\_kridlo“.

Pro potřeby simulace je i v tomto případě potřeba zavést pro každý druh materiálu jeden soubor součástí a to:

- Soubor součástí „Vstup\_geneo\_kridlo“.
- Soubor součástí „Vstup\_geneo\_ram“.
- Soubor součástí „Vstup\_kridlo\_Br“.
- Soubor součástí „Vstup\_kridlo\_dub“.
- Soubor součástí „Vstup\_ram\_panelak“.
- Soubor součástí „Vstup\_parapetni\_profil“.

Vstup kridlo Br - Poznámkový blok				
Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápověda
Kridlo_Br		198	0	
Kridlo_Br		10626	27360	
Kridlo_Br		462	1440	
Kridlo_Br		924	4320	
Kridlo_Br		1386	5760	
Kridlo_Br		924	4320	
Kridlo_Br		1386	4320	
Kridlo_Br		462	4320	
Kridlo_Br		924	5760	
Kridlo_Br		462	5760	
Kridlo_Br		1848	4320	
Kridlo_Br		2310	10080	
Kridlo_Br		1848	4320	
Kridlo_Br		1848	1440	
Kridlo_Br		1848	7200	
Kridlo_Br		462	1440	
Kridlo_Br		1848	5760	

Obr. č. 4.5: Vstupní údaje pro soubor součásti

Datový soubor znázorněný na obrázku č. 4.5 byl vytvořen pro každou vybranou materiálovou položku. V datovém souboru jsou zapsány velikosti příjmu v [MJ] a velikosti mezer mezi jednotlivými příjmy v [min]. První sloupec dat na obr. č. 4.5 značí název materiálové položky, druhý sloupec udává velikost příjmu a v třetím sloupci je hodnota časové mezery mezi jednotlivými příjmy.

Proměnná „den“ vyjadřuje aktuální simulární den. Počáteční hodnota této proměnné je 1, což je dosaženo pomocí inicializačních akcí modelu.

Koláčový graf „vypocty“ se obnovuje každý simulární den, což je zajištěno zápisem hodnoty 1440 v kolonce interval obnovy (refresh interval). Koláčový graf je pouze pomocný a slouží k vykonávání akcí po uplynutí simulárního dne. V akcích po obnově koláčového grafu (after refresh) je napsáno:

$$Den = Den + 1$$

$$Hodnota\_UF = APARTS (Sklad\_geneo\_kridlo) * 148 + APARTS (Sklad\_geneo\_ram) * 123 + APARTS (Sklad\_kridlo\_Br) * 74 + APARTS (Sklad\_kridlo\_dub) * 125 + APARTS (Sklad\_ram\_panelak) * 102 + APARTS (Sklad\_parapetni\_profil) * 26$$

Zápisem v prvním řádku „ $Den = Den + 1$ “ se navýší aktuální hodnota simulárního dne. Druhý řádek zápisu „ $hodnota\_UF = \dots$ “ slouží k výpočtu hodnoty účelové funkce. Účelová funkce vyjadřuje průměrnou hodnotu zásob modelovaných materiálových položek na skladě za rok 2009. Její hodnotu stanovíme tak, že průměrný počet MJ dané materiálové položky nacházejících se na skladě v roce 2009 vynásobíme průměrnou cenou za materiálovou

jednotku a provedeme součet pro všechny modelované položky. Průměrný počet MJ materiálové položky stanovíme pomocí funkce „APARTS“.

V Proměnné „Hodnota\_UF“ je uložena naposledy získaná hodnota účelové funkce vyjadřující průměrnou hodnotu zásob uvažovaného sortimentu na skladě.

V tabulce č. 4.2 je uveden přehled všech prvků vytvořeného simulačního modelu. V tabulce č. 4.3 je uveden přehled všech vstupních a výstupních pravidel použitých v modelu. Vytvořený simulační model je zobrazen na obrázku č. 4.6.

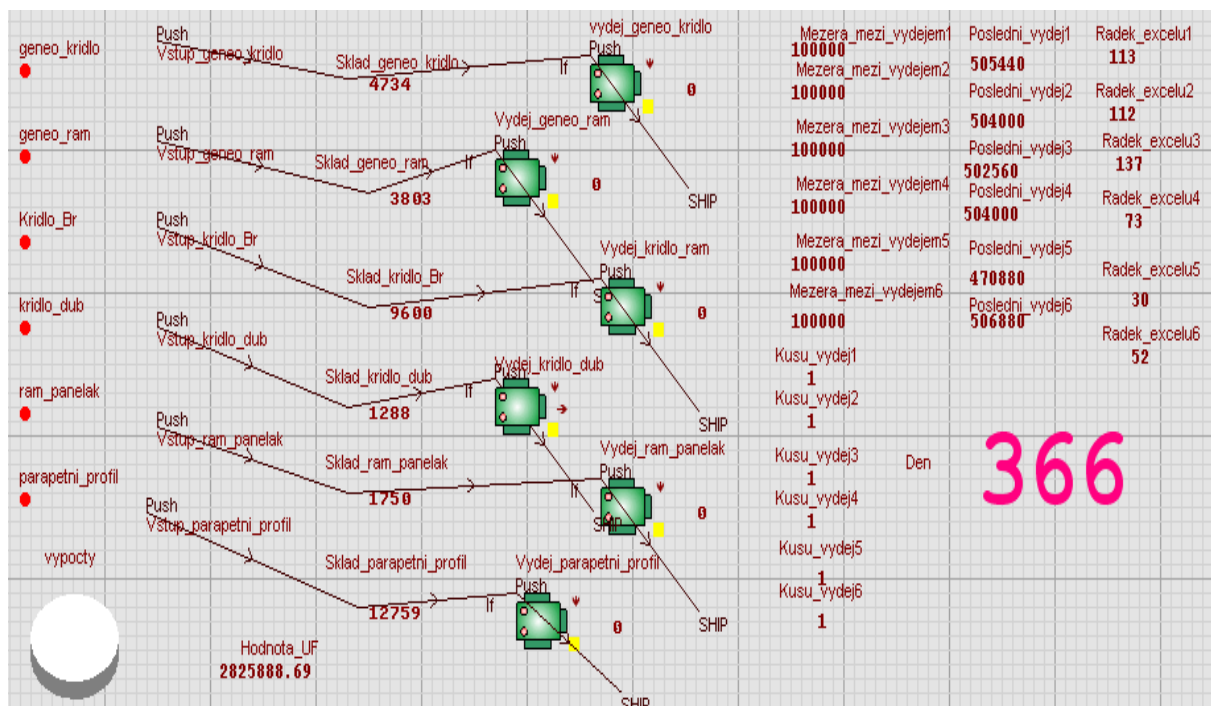
Tab. č. 4.2: Přehled všech prvků základního modelu

Pojmenování	Popis	Typ prvku
Geneo_kridlo	Materiálová položka	Součást
Geneo_ram	Materiálová položka	Součást
Kridlo_Br	Materiálová položka	Součást
Kridlo_dub	Materiálová položka	Součást
Ram_panelak	Materiálová položka	Součást
Parapetni_profil	Materiálová položka	Součást
Vstup_geneo_kridlo	Definování vstupů do modelu dle analýzy	Soubory součástí
Vstup_geneo_ram	Definování vstupů do modelu dle analýzy	Soubory součástí
Vstup_kridlo_Br	Definování vstupů do modelu dle analýzy	Soubory součástí
Vstup_kridlo_dub	Definování vstupů do modelu dle analýzy	Soubory součástí
Vstup_ram_panelak	Definování vstupů do modelu dle analýzy	Soubory součástí
Vstup_parapetni_profil	Definování vstupů do modelu dle analýzy	Soubory součástí
Sklad_geneo_kridlo	Pracoviště skladu	Zásobník
Sklad_geneo_ram	Pracoviště skladu	Zásobník
Sklad_kridlo_Br	Pracoviště skladu	Zásobník
Sklad_kridlo_dub	Pracoviště skladu	Zásobník
Sklad_ram_panelak	Pracoviště skladu	Zásobník
Sklad_parapetni_profil	Pracoviště skladu	Zásobník
Vydej_geneo_kridlo	Výdeje do výroby	Stroj
Vydej_geneo_ram	Výdeje do výroby	Stroj
Vydej_kridlo_Br	Výdeje do výroby	Stroj
Vydej_kridlo_dub	Výdeje do výroby	Stroj
Vydej_ram_panelak	Výdeje do výroby	Stroj
Vydej_parapetni_profil	Výdeje do výroby	Stroj
Mezera-mezi_vydejem1	Časová mezera mezi výdeji	Proměnná
Mezera-mezi_vydejem2	Časová mezera mezi výdeji	Proměnná
Mezera-mezi_vydejem3	Časová mezera mezi výdeji	Proměnná

Mezera-mezi_vydejem4	Časová mezera mezi výdeji	Proměnná
Mezera-mezi_vydejem5	Časová mezera mezi výdeji	Proměnná
Mezera-mezi_vydejem6	Časová mezera mezi výdeji	Proměnná
Poslední_vydej1	Hodnota simulárního času posledního výdeje	Proměnná
Poslední_vydej2	Hodnota simulárního času posledního výdeje	Proměnná
Poslední_vydej3	Hodnota simulárního času posledního výdeje	Proměnná
Poslední_vydej4	Hodnota simulárního času posledního výdeje	Proměnná
Poslední_vydej5	Hodnota simulárního času posledního výdeje	Proměnná
Poslední_vydej6	Hodnota simulárního času posledního výdeje	Proměnná
Radek_excelu1	vyjadřuje aktuální řádek sešitu v programu Excel, ze kterého se načítají data	Proměnná
Radek_excelu2	vyjadřuje aktuální řádek sešitu v programu Excel, ze kterého se načítají data	Proměnná
Radek_excelu3	vyjadřuje aktuální řádek sešitu v programu Excel, ze kterého se načítají data	Proměnná
Radek_excelu4	vyjadřuje aktuální řádek sešitu v programu Excel, ze kterého se načítají data	Proměnná
Radek_excelu5	vyjadřuje aktuální řádek sešitu v programu Excel, ze kterého se načítají data	Proměnná
Radek_excelu6	vyjadřuje aktuální řádek sešitu v programu Excel, ze kterého se načítají data	Proměnná
Kusu_vydej2	Vyjadřuje velikost následujícího výdeje	Proměnná
Kusu_vydej3	Vyjadřuje velikost následujícího výdeje	Proměnná
Kusu_vydej4	Vyjadřuje velikost následujícího výdeje	Proměnná
Kusu_vydej5	Vyjadřuje velikost následujícího výdeje	Proměnná
Kusu_vydej6	Vyjadřuje velikost následujícího výdeje	Proměnná
Den	Vyjadřuje aktuální simulární den	Proměnná
Hodnota_UF	Hodnota účelové funkce	Proměnná
Vypocty	slouží k vykonávání akcí po uplynutí simulárního dne	Koláčový graf

Tab. č.4.3: Přehled vstupních a výstupních pravidel

Název prvku	vstupní pravidlo	Výstupní pravidlo
Vstup_geneo_kridlo		PUSH to sklad_geneo_kridlo
Vstup_geneo_ram		PUSH to sklad_geneo_ram
Vstup_kridlo_Br		PUSH to sklad_kridlo_Br
Vstup_kridlo_dub		PUSH to sklad_kridlo_dub
Vstup_ram_panelak		PUSH to sklad_ram_panelak
Vstup_parapetni_profil		PUSH to sklad_parapetni_profil
Vydej_geneo_kridlo	PULL to geneo_kridlo, PULL to sklad_geneo_kridlo	PUSH to Ship
Vydej_geneo_ram	PULL to geneo_ram, PULL to sklad_geneo_ram	PUSH to Ship
Vydej_kridlo_Br	PULL to kridlo_Br, PULL to sklad_kridlo_Br	PUSH to Ship
Vydej_kridlo_dub	PULL to kridlo_dub, PULL to sklad_kridlo_dub	PUSH to Ship
Vydej_ram_panelak	PULL to ram_panelak, PULL to sklad_ram_panelak	PUSH to Ship
Vydej_parapetni_profil	PULL to parapetni_profil, PULL to sklad_parapetni_profil	PUSH to Ship



Obr. č. 4.6 Základní model

#### 4.5 Validace modelu

Validací modelu rozumíme stanovení, zda vytvořený počítačový model prokazuje uspokojivou míru shody s modelovaným systémem v souladu se zamýšleným použitím modelu [3]. Validace vytvořeného modelu bude provedena tak, že výsledky simulačního modelu budou porovnány s výstupy skladového programu Orsoft. Toto bude realizováno tak, že simulace bude zastavena vždy na konci každého simulárního měsíce, bude zjištěn modelový stav skladových zásob a takto získané hodnoty budou porovnány se skutečnými stavy zásob pro rok 2009. Výsledky validace jsou uvedeny v tabulce č. 4.4.

Tab. č. 4.4: Validace simulačního modelu

	leden		únor		březen	
Název	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]
Geneo křídlo	2523	2523	1665	1665	2589	2589
Geneo rám	5288	5288	4052	4052	4424	4424
Křídlo Br	4218	4218	5280	5280	39704	39704
Křídlo dub	700	700	704	704	462	462
Rám panelák	0	0	6756	6756	266	266
Parapetní profil	5184	5184	5184	5184	5184	5184
	Shoda		Shoda		Shoda	
	ANO		ANO		ANO	
	duben		květen		červen	
Název	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]
Geneo křídlo	5097	5097	2815	2815	1440	1440
Geneo rám	7910	7910	4377	4377	2214	2214
Křídlo Br	36258	36258	27722	27722	18528	18528
Křídlo dub	462	462	1346	1346	462	462
Rám panelák	838	838	838	838	552	552
Parapetní profil	10518	10518	15551	15551	10376	10376
	Shoda		Shoda		Shoda	
	ANO		ANO		ANO	
	červenec		srpen		září	
Název	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]
Geneo křídlo	3600	3600	2165	2165	2975	2975
Geneo rám	4002	4002	2975	2975	10895	10895
Křídlo Br	11414	11414	8710	8710	13579	13579
Křídlo dub	2724	2724	1320	1320	1764	1764
Rám panelák	2036	2036	2036	2036	3180	3180
Parapetní profil	16228	16228	14392	14392	13821	13821
	Shoda		Shoda		Shoda	
	ANO		ANO		ANO	
	říjen		listopad		prosinec	
Název	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]	Skutečný stav [m]	Modelový stav [m]
Geneo křídlo	4794	4794	5166	5166	4734	4734
Geneo rám	5081	5081	3707	3707	3803	3803
Křídlo Br	12331	12331	10014	10014	9600	9600
Křídlo dub	1169	1169	1288	1288	1288	1288
Rám panelák	2606	2606	1750	1750	1750	1750
Parapetní profil	13946	13946	11561	11561	12759	12759
	Shoda		Shoda		Shoda	
	ANO		ANO		ANO	



Na základě porovnání hodnot skutečného a modelového stavu můžeme konstatovat, že ve všech případech byla zjištěna absolutní shoda. K absolutní shodě dochází proto, neboť v modelu nevystupují žádné náhodné proměnné, jedná se tedy o deterministický simulační model.

Model je tedy prohlášen za validní, pohyb položek na skladě byl namodelován korektně. Z dosažené hodnoty účelové funkce vidíme, že průměrná hodnota zásob na skladě činí 2 825 889 Kč. Po zjištění, že je model validní můžeme přistoupit k experimentům, jejichž cílem bude ověřit vhodnost vybraných zásobovacích strategií.

## **5 Experimenty se simulačním modelem**

Všechny nové modely vycházejí ze základního modelu popsaného v části 4, ve kterém byly provedeny úpravy za účelem modelování uvažovaných zásobovacích strategií. Celkem bylo uvažováno 5 zásobovacích strategií, které budou dále označovány jako experiment 1 až experiment 5. V rámci experimentu 1 bylo uvažováno s pevnou velikostí dodávky každé pondělí. V experimentu 2 byly modelovány objednávky i dodávky materiálu vždy v pondělí na základě aktuálního stavu zásob. Ve třetím experimentu bylo modelováno dodání materiálu 2x týdně, přičemž objednávání materiálu bylo prováděno na základě aktuálního stavu zásob. V experimentu 4 mohou být provedeny objednávky v libovolný pracovní den, přičemž jsou prováděny také na základě aktuálního stavu zásob. U těchto čtyř experimentů bylo předpokládáno, že požadavky výroby musí být vždy uspokojeny dodáním materiálu ze skladu. V rámci experimentu číslo 5 je rovněž uvažováno se stejnými předpoklady jako u experimentu číslo 4, avšak na rozdíl od předchozích experimentů je zde uvažováno s předem stanoveným procentem neuspokojení výroby ze skladu.

### **5.1 *Experiment 1***

V rámci experimentu 1 bylo zjišťováno, jaké volit velikosti dodávek v paletách pro jednotlivé materiálové položky tak, aby se minimalizovala hodnota účelové funkce a současně byla výroba plně uspokojena ze skladu. V rámci experimentu byla uvažována pevná velikost dodávky. Tento experiment byl dále rozdělen na 2 varianty:

- Varianta 1, kdy dodávka materiálu bude probíhat jednou týdně a to vždy v pondělí.
- Varianta 2, kdy materiál bude dovážen také v pondělí, ale jen jednou za 14 dní.

### 5.1.1 Varianta 1

Protože dodavatel dodává materiál jen v celých šestimetrových paletách, velikost dodávky je tedy nutno uvažovat také v paletovém množství. Celkové množství jednotlivého druhu materiálu v paletě je:

- Křídlo Geneo – 360 m.
- Rám Geneo – 360 m.
- Křídlo Brilant – 462 m.
- Křídlo dub – 462 m.
- Panelákový rám – 286 m.
- Parapetní profil – 600 m.

Součásti v tomto modelu jsou aktivní, čímž je modelována pravidelná dodávka materiálových položek do skladu viz obr. č. 5.1.

The image shows a software window titled "Detail Part - geneo\_kridlo". It has a tabbed interface with the following tabs: General, Attributes, Route, Actions, Costing, Reporting, and Notes. The "General" tab is selected. Inside the "General" tab, there are three main sections: "Arrivals", "Input to Model", and "Exit From Model".

- Arrivals:**
  - Type: A dropdown menu showing "Active".
  - Maximum Arrivals: A text field containing "Unlimited".
  - First Arrival At: A text field containing "14400.0".
  - Shift: A dropdown menu showing "Undefined".
- Input to Model:**
  - Inter Arrival Time: A text field containing "7 \* 24 \* 60".
  - Lot Size: A text field containing "5 \* 360".
  - To...: A button.
  - If: A label.
  - Actions on Create...: A button with a close icon (X).
- Exit From Model:**
  - Actions on Leave...: A button with a close icon (X).

At the bottom of the dialog, there are three buttons: "OK", "Storno", and "Nápověda".

Obr. č. 5.1: Nastavení součásti – „geneo\_kridlo“

V poli „First Arrival At“ je nutno zadat, kdy přijde na sklad první objednávka. Jak je vidět na obrázku č. 5.1, první objednávka přijde po uplynutí 14 400 minut simulárního času, což odpovídá deseti dnům. První příjem materiálu na sklad tedy proběhne až 11. 1. 2010. Toto nastavení bylo zvoleno z toho důvodu, že v době od 1.1 do 10. 1. 2010 včetně se ve firmě nevyrábí a probíhají inventury. Objednávky probíhají každé pondělí, to je zajištěno nastavením potřebného intervalu mezi dodávkami v poli „Inter Arrival Time“. Jelikož první dodání zboží proběhne v pondělí a nastavená mezera mezi dodávkami je rovna hodnotě 7\*24\*60 minut, je zajištěno, že všechny následující dodání materiálu proběhnou vždy v pondělí. V poli „Lot Size“ se zadává velikost dodávky, na obrázku č. 5.1 je zápisem 5\*360 určen počet palet vynásobený počtem měrných jednotek v [m], uložených na jedné paletě. Hodnota počtu palet byla u každé materiálové položky měněna pro každý simulační běh až do doby, kdy u dané položky došlo k nevykrytí výroby z nedostatku materiálu (hodnota příslušné proměnné, která bude dále v textu popsána, je větší než 0). Výstupní pravidlo součásti je ve tvaru:

*IF Den < 347*

*PUSH to Sklad\_geneo\_kridlo*

*ELSE*

*Wait*

*ENDIF*

Podmínka „If Den<347“ zajistí, že poslední příjem může být proveden ve 347. dni, tedy 13. prosince 2010 a to vzhledem k ukončení výroby v roce 2010 k 17. 12. a blížícím se inventurám. Pokud by proběhla objednávka později, vznikly by na skladě zbytečné zásoby. Při nesplnění podmínky „Den<347“ není realizován žádný příjem na sklad. Zápis „PUSH to Sklad\_geneo\_kridlo“ zajistí to, že objednávka dojde na sklad.

Soubory součástí z původního modelu musely být upraveny, neboť slouží pouze k nastavení výchozího stavu skladu na začátku kalendářního roku.

U vstupních pravidel pro stroje modelující výdej materiálu do výroby musely být provedeny změny, aby bylo možno sledovat, zda byla výroba plně uspokojena ze skladu. Pro stroj „vydej\_geneo\_kridlo“ je vstupní pravidlo ve tvaru:

*IF Den < 347*

*PUSH to Sklad\_geneo\_kridlo*

*ELSE*

*Wait*

ENDIF

Výše uvedený zápis zajistí, že v případě nedostatku materiálu na výdej bude zbylý vydaný materiál modelován pomocí pomocné součásti. Tato součást představuje materiál dodaný z jiných zdrojů, jako je například zrychlená dodávka od dodavatele, dovoz vlastní nebo externí dopravou. Každému druhu materiálu byla přiřazena jedna pomocná součást a to:

- Součást „pomocna\_soucast\_geneo\_kr“.
- Součást „pomocna\_soucast\_geneo\_ram“.
- Součást „pomocna\_soucast\_kridlo\_Br“.
- Součást „pomocna\_soucast\_kridlo\_dub“.
- Součást „pomocna\_soucast\_ram\_pan“.
- Součást „pomocna\_soucast\_parapetni\_prof“.

Před potřebnou úpravou v nastavení koláčového grafu „Vypocty“ (kolonky „Before Refresh“) bylo nutné zavést pro každou materiálovou položku další proměnnou, tato proměnná byla pojmenována „Neuspokojeni\_vyroby“. Proměnná vyjadřuje, kolik jednotek daných materiálových položek muselo být dodáno z jiných zdrojů než ze skladu, aby nedošlo ke zdržení výroby. Je to:

- Proměnná „Neuspokojeni\_vyroby1“.
- Proměnná „Neuspokojeni\_vyroby2“.
- Proměnná „Neuspokojeni\_vyroby3“.
- Proměnná „Neuspokojeni\_vyroby4“.
- Proměnná „Neuspokojeni\_vyroby5“.
- Proměnná „Neuspokojeni\_vyroby6“.

Každá materiálová položka je tedy sledována zvlášť, což nám usnadní určit, který materiál musel být pro potřeby výroby zajištěn jiným způsobem.

Nyní bylo možno přistoupit zpět k úpravám nastavení koláčového grafu „Vypocty“, v kolonce „Before Refresh“ byl proveden tento zápis:

*neuspokojeni\_vyroby (1) = NCREATE (pomocna\_soucast\_geneo\_kr)*

*neuspokojeni\_vyroby (2) = NCREATE (pomocna\_soucast\_geneo\_ra)*

*neuspokojeni\_vyroby (3) = NCREATE (pomocna\_soucast\_kr\_Br)*

*neuspokojeni\_vyroby (4) = NCREATE (pomocna\_soucast\_kr\_dub)*

*neuspokojeni\_vyroby (5) = NCREATE (pomocna\_soucast\_ram\_pan)*

*neuspokojeni\_vyroby (6) = NCREATE (pomocna\_soucast\_par\_prof)*

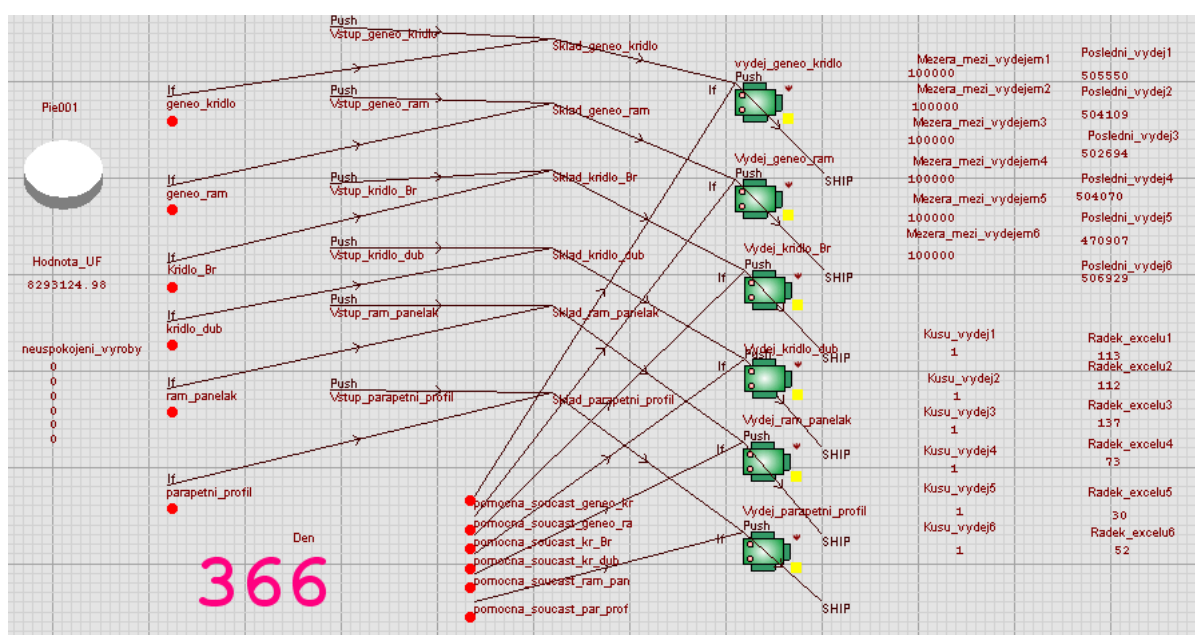
Tento zápis zajišťuje s využitím funkce „NCREATE“ stanovení, kolik jednotek daného materiálu bylo dodáno z jiných zdrojů, a aktualizaci hodnoty příslušné proměnné neuspokojení výroby.

U varianty 1 byly provedeny 4 simulární běhy, ve kterých se postupně u každé položky snižoval počet paletového množství. Pokud v příslušné pomocné proměnné neuspokojení výroby po dokončení simulárního běhu byla 0, byla před dalším během hodnota paletového množství snížena o 1 paletu. V případě, že tato proměnná nabývala hodnoty vyšší než 0, musela být hodnota paletového množství zvýšena. Počet paletového množství byl snižován vždy v nastavení příslušné součásti materiálové položky, viz obr. č. 5.1, okno „Lot Size“. Výsledky experimentů byly zaznamenány do tabulky č. 5.1.

Tab. č. 5.1: Výsledky experimentu 1, varianta 1

	Geneo křídlo	Geneo rám	Křídlo Br	Křídlo dub	Panelákový rám	Parapetní profil	Hodnota účelové funkce [Kč]
Velikost dodávky [paleta]	6	6	8	5	5	4	17 809 128
	5	5	8	4	4	3	13 496 158
	4	4	8	3	4	3	9 742 887
	4	4	8	2	4	3	8 293 125

K dalšímu snižování velikosti dodávky již nemohlo dojít, protože by ve všech případech došlo k nevykrytí výroby potřebným materiálem, v modelu by proměnná neuspokojení výroby nabývala hodnoty vyšší než 0. Stav modelu pro toto řešení je znázorněn na obr. č. 5.2.



Obr. č. 5.2: Model v programu Witness pro experiment 1, varianta 1

Hodnota účelové funkce pro stávající stav je 2 825 888 Kč. Nejnižší hodnota účelové funkce v experimentu 1, varianta 1 je 8 293 125 Kč. Rozdíl těchto hodnot je + 5 467 237 Kč, což je navýšení oproti stávajícímu stavu o 193,5%. Při této variantě tedy nedošlo ke snížení hodnoty účelové funkce.

### 5.1.2 Varianta 2

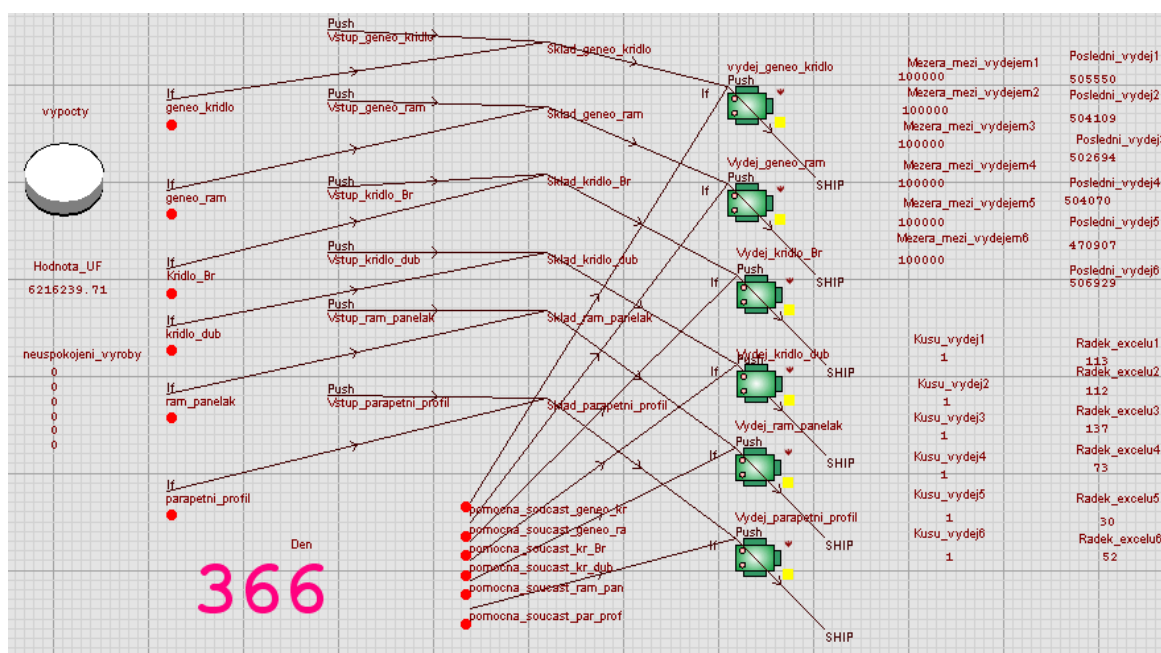
Varianta 2 je téměř totožná s variantou 1. Změna byla provedena jen u každé součásti materiálové položky a to v poli „Inter Arrival Time“, kde byl původně nastaven týdenní interval dodávky materiálu na sklad, nově byl nastaven dvoutýdenní interval vyjádřený v [min] (tedy 14\*24\*60).

U varianty 2 byly provedeny také 4 simulární běhy. Výsledky simulárních běhů byly zaznamenány do tabulky č. 5.2.

Tab. č. 5.2: Výsledky experimentu 1, varianta 2

	Geneo křídlo	Geneo rám	Křídlo Br	Křídlo dub	Panelákový rám	Parapetní profil	Hodnota účelové funkce [Kč]
Velikost dodávky [paleta]	10	10	14	5	8	5	11 135 518
	9	9	14	4	7	5	8 772 632
	8	8	14	3	7	5	6 783 388
	8	7	14	3	7	5	6 216 240

K dalšímu snížení velikosti dodávky již nemohlo dojít, protože by ve všech případech došlo k nevykrytí výroby potřebným materiálem, v modelu by proměnná neuspokojení výroby nabývala hodnoty vyšší než 0. Stav modelu pro toto řešení je znázorněn na obr. č. 5.3.



Obr. č. 5.3: Model v programu Witness pro experiment 1, varianta 2

Nejnižší hodnota účelové funkce v experimentu 1, varianta 2 je 6 216 240 Kč. Rozdíl této hodnoty vzhledem k stávajícímu stavu je + 3 390 352 Kč, což je navýšení oproti stávajícímu stavu o 120%. Při této variantě sice došlo ke snížení účelové funkce oproti variantě 1, ale i přesto nedošlo ke snížení původní hodnoty účelové funkce.

## 5.2 Experiment 2

U experimentu 2 byly modelovány objednávky i dodávky materiálu vždy v pondělí, přičemž velikost objednávky není konstantní a stanovuje se na základě aktuálního stavu zásob na skladě a příslušné objednáci hladiny. Hodnoty potřebné při tomto experimentu byly načítány z externího souboru Excel viz tab. č. 5.3, kde se postupně mění objednáci hladiny. Objednáci hladiny jsou uvedeny jednak v paletovém množství, tak i v metrech. Úkolem experimentu 2 je nalézt takové objednáci hladiny, aby se minimalizovala hodnota účelové funkce a výroba byla zcela uspokojena ze skladu. Výchozí hodnota účelové funkce je shodná jako u experimentu 1.

Tab. č. 5.3: Vstupní údaje pro experiment 2

<b>Objednací hladiny [paleta]</b>	<b>Objednací hladiny [m]</b>
17	6120
25	9000
20	9240
6	2772
31	8866
14	8400

Experiment 2 je částečně podobný experimentu 1, proto i některé prvky zůstaly nezměněny a plní stejnou funkci. V popisu vytváření modelu budou zmíněny jenom změny, které byly v modelu provedeny.

Součásti „geneo\_kridlo“, „geneo\_ram“, „kridlo\_Br“, „kridlo\_dub“, „ram\_panelak“, „parapetni\_profil“ jsou v tomto modelu pasivní, protože již do modelu nevstupují pravidelně. Nově byla zavedena pomocná součást „Objednavka“, která je také pasivní.

Proces objednávání i dodávky materiálu na sklad je modelován pomocí strojů, přičemž pro každou součást je vytvořen samostatný stroj. Jsou to:

- Stroj „Objednavka\_geneo\_kridlo“.
- Stroj „Objednavka\_geneo\_ram“.
- Stroj „Objednavka\_kridlo\_Br“.
- Stroj „Objednavka\_kridlo\_dub“.
- Stroj „Objednavka\_ram\_panelak“.
- Stroj „Objednavka\_parapetni\_profil“.

Stroje pracují pouze od 11. 1. 2010 do 17. 12. 2010, protože se mimo tyto dny ve firmě nevyrábí. Toto je modelováno pomocí nadefinované směny viz obr. č. 5.4. Zápis v poli „Working Time“ s hodnotou „491040“ značí počet minut, kdy stroje pracují (341dní), „Rest Time“ s hodnotou „14400“ určí počet minut, kdy se na začátku roku nevyrábí (10dní) a hodnota „20160“ značí počet minut, kdy se nevyrábí na konci roku (14dní).



**Detail Shift - Smena**

General | Actions | Reporting | Notes

Name:  ☐ Sub Shift

Initial Offset  
 Working Time:  Rest Time:

	Period Type	Working Time	Rest Time	Overtime	Sub Shift Name
1	Period	0.0	14400.0	0.0	
2	Period	491040.0	20160.0	0.0	
Total		491040	34560	0	

Actions

Start Work... X End Work... X  
 Element Start Work... X Element End Work... X

OK Storno Nápověda

Obr. č. 5.4: Nadefinování směny

Stroje jsou nastaveny jako produkční („Production“). Operační čas je nastaven na 7 dní (5 pracovních dní + víkend), jelikož je taková i dodací lhůta materiálu. Vstupní pravidlo „From“ určuje, kdy bude objednávka provedena. Celý zápis ve vstupním pravidle je:

*IF MOD (Den - 4,7) = 0*

*PULL from Objednavka out of WORLD*

*ELSE*

*Wait*

*ENDIF*

Zápis „IF MOD (DEN-4,7)=0“ zajistí kontrolu skladových zásob každé kalendářní pondělí, což je zajištěno pomocí funkce MOD, která počítá celočíselný zbytek po dělení, přičemž dělíme hodnotu aktuálního simulárního dne sníženou o 4 (neboť první pondělí v roce 2010 je čtvrtým dnem roku) číslem 7. Pokud se celočíselný zbytek po dělení rovná 0, potom je daný den pondělí. Jinými slovy podmínka zapsaná v prvním řádku říká, jestliže je pondělí, tak bude provedena kontrola skladu. V pondělí 4. 1. 2010 kontrola neproběhne, protože směna není aktivní (definovaná směna je OFF). Před provedením zápisu do „Actions on

Input“, byly zavedeny dvě nové proměnné a to proměnná „Objednaci\_hladiny“ a „Velikost\_objednavky“.

Proměnná „Objednaci\_hladiny“ vyjadřuje velikost objednacích hladin a má kvantitu 6. Na začátku simulace se z příslušných buněk v programu Excel načítají zvolené hladiny dané materiálové položky. Velikost objednávky je tvořena tak, aby zásoba na skladu byla rovna objednacím hladině.

„Velikost\_objednavky“ je proměnná, která vyjadřuje počet jednotek daného materiálu, které je potřeba objednat, má kvantitu 6. Po vytvoření nových proměnných bylo přistoupeno zpět k nastavení stroje, kde zápisem do „Actions on Input“ byl nastaven výpočet velikosti objednávky dané materiálové položky. Tento zápis je:

*IF NPARTS (Sklad\_geneo\_kridlo) < Objednaci\_hladiny (1)*

*Velikost\_objednavky (1) = (IFIX ((Objednaci\_hladiny (1) - NPARTS (Sklad\_geneo\_kridlo)) / 360) + 1) \* 360*

*ELSE*

*Velikost\_objednavky (1) = 0*

*ENDIF*

Zápis v prvním řádku „*IF NPARTS (Sklad\_geneo\_kridlo) < Objednaci\_hladiny (1)*“ vyjadřuje podmínku, že aktuální zásoba dané materiálové položky musí být menší než odpovídající hladina. Pokud je na skladě méně materiálu než je příslušná objednávací hladina (tedy je tato podmínka splněna), potom se pomocí vzorce zapsaného ve druhém řádku spočítá velikost objednávky a to následujícím způsobem. Při výpočtu je využita funkce „IFIX“, která vypočte celou část reálného čísla. Nejdříve od příslušné objednacích hladiny odečteme aktuální stav materiálové položky na skladě a tento výsledek vydělíme počtem jednotek v paletovém množství. Tím zjistíme, kolik palet je nutno objednat. Takto získaný výsledek ovšem nemusí být celočíselný, proto ho dále musíme upravit. Z vypočtené hodnoty vezmeme celou část čísla pomocí funkce „IFIX“ a k této celé části připočteme hodnotu 1, čímž získáme potřebnou velikost objednávky, která je uložena do proměnné „Velikost\_objednavky“. Není-li výše uvedená podmínka splněna, je hodnota proměnné „Velikost\_objednavky“ rovna 0.

Do pole „Productions Quantity“ příslušného stroje musíme zadat velikost objednávky, která je vyjádřena v příslušné proměnné „Velikost\_objednavky“. Výstupní pravidlo stroje ve tvaru:

*„PUSH Objednavka to SCRAP, geneo\_kridlo to Sklad\_geneo\_kridlo“*

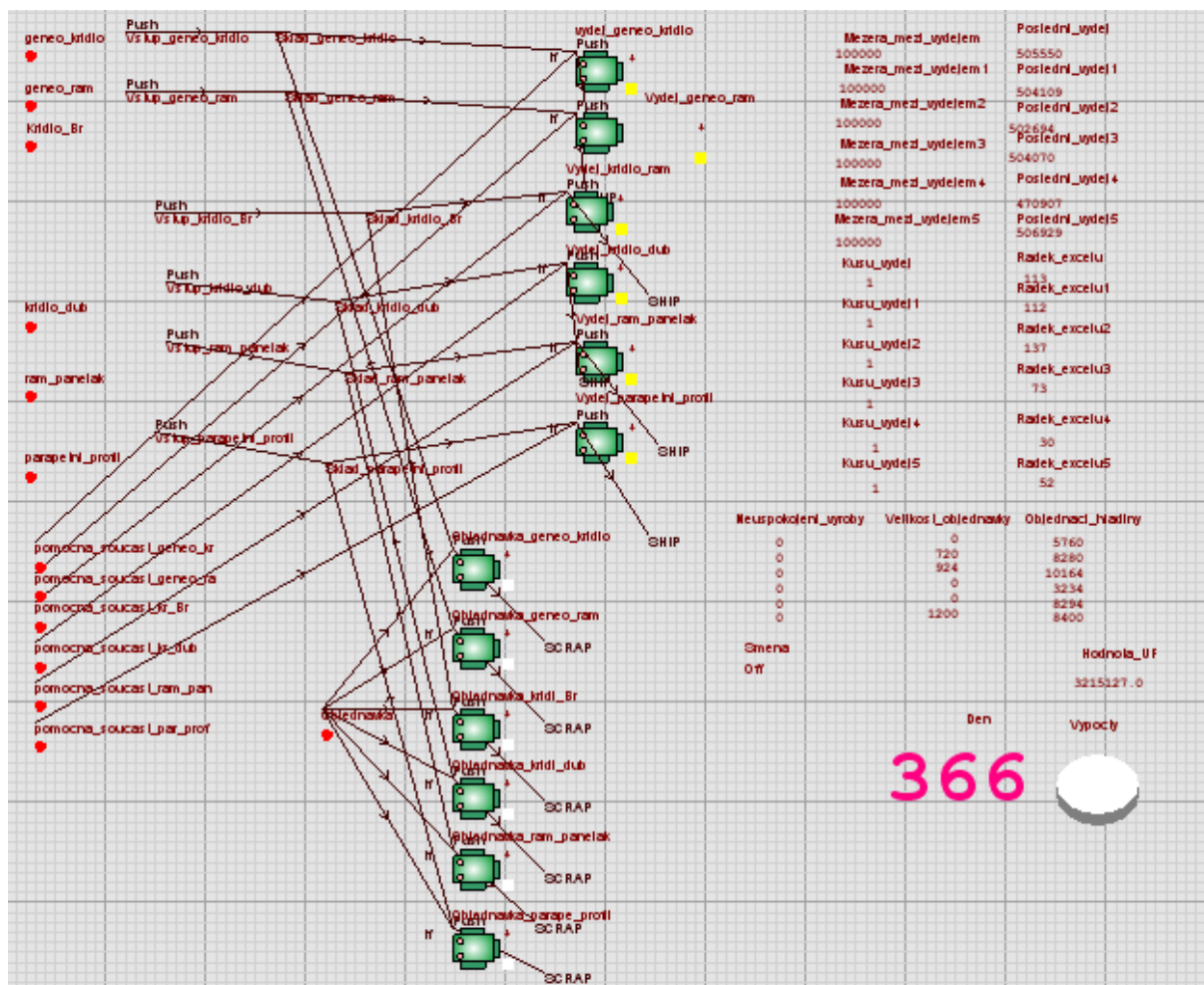
značí odeslání pomocné součásti „Objednavka“ pryč z modelu a poslání příslušné materiálové položky v daném množství do skladu. Připomeňme, že zde bylo popsáno pouze nastavení stroje „Objednavka\_geneo\_křídlo“, nastavení ostatních strojů je analogické.

U experimentu 2 bylo provedeno 7 simulačních běhů a výsledky byly postupně zapsány do tabulky č. 5.4.

Tab. č. 5.4: Výsledky experimentu 2

	Geneo křídlo	Geneo rám	Křídlo Br	Křídlo dub	Panelákový rám	Parapetní profil	Hodnota účelové funkce [Kč]
Velikost dodávky [paleta]	22	25	22	7	31	15	3 672 166
	21	24	22	7	30	14	3 540 123
	20	23	22	7	29	14	3 418 321
	19	23	22	7	29	14	3 367 522
	18	23	22	7	29	14	3 316 724
	17	23	22	7	29	14	3 265 926
	16	23	22	7	29	14	3 215 127

K dalšímu snížení velikosti dodávky již nemohlo dojít, protože by ve všech případech došlo k nevykrytí výroby potřebným materiálem, v modelu by proměnná „neuspokojeni\_vyroby“ nabývala hodnoty vyšší než 0. Po provedení pokusů v rámci experimentu 2 bylo zjištěno, že nejnižší hodnota účelové funkce je 3 215 127 Kč, což je o 389 239 Kč více než u stávajícího stavu. Procentuální nárůst hodnoty účelové funkce v tomto případě činí 13,8%. U experimentu 2 tedy také nedošlo ke snížení hodnoty účelové funkce, ale její hodnota se již přiblížila stávajícímu stavu. Proto bylo přikročeno k experimentu 3. Stav modelu pro toto řešení je znázorněn na obr. č. 5.5.



Obr. č. 5.5: Model v programu Witness u experimentu 2

### 5.3 Experiment 3

V tomto experimentu bylo uvažováno dodání materiálu dvakrát týdně. Dodávky budou probíhat každé kalendářní pondělí a čtvrtek. Velikost objednávky v experimentu 3 není konstantní a řídí se aktuálním stavem zásob a příslušnou objednací hladinou. Cílem tohoto experimentu bylo nalézt takové objednací hladiny, aby se minimalizovala hodnota účelové funkce, přičemž výroba musí být zcela pokryta materiálem ze skladu. Hodnoty potřebné při tomto experimentu byly načítány z externího souboru Excel, kde se postupně mění objednací hladiny. Objednací hladiny jsou uvedeny jednak v paletovém množství, tak i v metrech.

Model experimentu 3 vychází z předchozího modelu experimentu 2, podrobněji budou opět popsány jen změny, které nastaly. Na rozdíl od experimentu 2 se v modelu nachází proměnná „Velikost\_objednavky“ dvakrát a to velikost objednávky pro pondělí a velikost objednávky pro čtvrtek. Nastavení těchto proměnných je ale stejné. V modelu přibýly stroje

modelující objednávku materiálu na čtvrtek, jejich funkce je však analogická se strojem pro objednávku materiálu na pondělí, jež byla již dříve popsána. Jsou to:

- Stroj „Objednavka\_geneo\_kridlo1“.
- Stroj „Objednavka\_geneo\_ram2“.
- Stroj „Objednavka\_kridlo\_Br3“.
- Stroj „Objednavka\_kridlo\_dub4“.
- Stroj „Objednavka\_ram\_panelak5“.
- Stroj „Objednavka\_parapetni\_profil6“.

Změny u stroje modelujícího objednávku na čtvrtek nastaly v zápise vstupního pravidla:

*IF MOD (Den,7) = 0*

*PULL from Objednavka out of WORLD*

*ELSE*

*Wait*

*ENDIF*

Jelikož v roce 2010 byl čtvrtek prvním dnem v roce, není třeba v zápise podmínky v prvním řádku zápisu snižovat hodnotu proměnné „Den. Funkce tohoto zápisu je již potom shodná s již uvedeným zápisem pro objednání materiálu v pondělí.

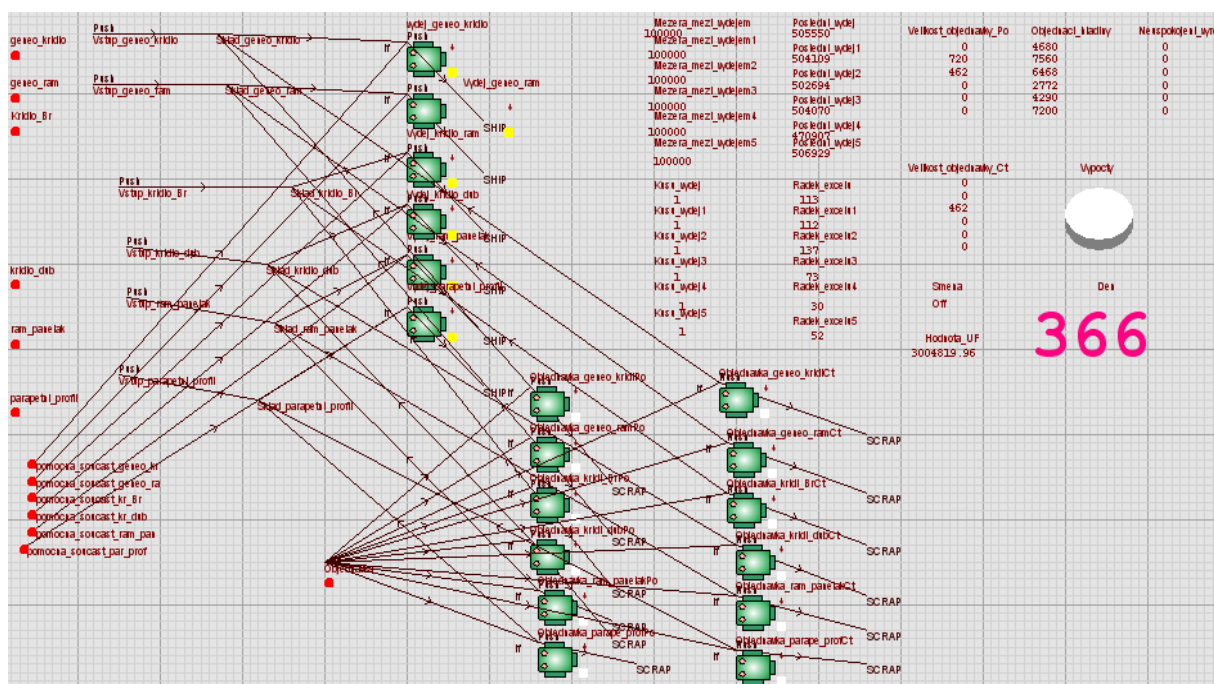
U tohoto experimentu bylo provedeno 8 simulačních experimentů (běhů) a výsledky byly zaznamenány do tabulky č. 5.5.

Tab. č. 5.5: Výsledky experimentu 3

	Geneo křídlo	Geneo rám	Křídlo Br	Křídlo dub	Panelákový rám	Parapetní profil	Hodnota účelové funkce [Kč]
Velikost dodávky [paleta]	20	22	14	6	15	15	3 486 764
	19	21	14	6	15	14	3 364 685
	18	21	14	6	15	13	3 290 577
	17	21	14	6	15	12	3 217 356
	16	21	14	6	15	12	3 163 492
	15	21	14	6	15	12	3 110 650
	14	21	14	6	15	12	3 057 224
	13	21	14	6	15	12	3 004 820

Z tabulky č. 5.5 je zřejmé, že ani v tomto případě nedošlo ke snížení hodnoty účelové funkce, rozdíl již ale není tak veliký jako u předchozích experimentů. Po provedení pokusů v experimentu 3 bylo zjištěno, že nejnižší hodnota účelové funkce je 3 004 820 Kč, což je

o 178 932 Kč více, jedná se tedy o navýšení o 6,3% vzhledem k stávajícímu stavu. Tato varianta by se již dala použít, vzhledem k tomu, že v současné době dochází často k nevykrytí výroby materiálem. K dalšímu snížení velikosti dodávky již nemohlo dojít, protože by ve všech případech došlo k nevykrytí výroby potřebným materiálem, v modelu by proměnná „neuspokojeni\_vyroby“ nabývala hodnoty vyšší než 0. Stav modelu pro toto řešení je znázorněn na obr. č. 5.6.



Obr. č. 5.6: Model v programu Witness pro experiment 3

## 5.4 Experiment 4

Úkolem je nalézt takové objednáací hladiny, aby se minimalizovala hodnota účelové funkce, přičemž výroba musí být zcela pokryta ze skladu. Objednávky u experimentu 4 mohou být provedeny v libovolný pracovní den a velikost objednávky se stanovuje na základě aktuální zásoby a objednáací hladiny. Hodnoty potřebné při tomto experimentu jsou načítány z externího souboru Excel, kde se postupně mění objednáací hladiny. Objednáací hladiny jsou uvedeny jednak v paletovém množství, tak i v metrech. Úkolem experimentu 4 je nalézt takové objednáací hladiny, aby se minimalizovala hodnota účelové funkce, přičemž výroba musí být zcela pokryta materiálem ze skladu.

I u tohoto modelu bylo vycházeno z předchozích modelů, podrobněji budou tedy popsány jen vzniklé změny. Směna „Smena“ je v tomto modelu oproti předchozím experimentům rozdělena na pracovní a nepracovní dny, viz obr. č 5.7. Na začátku roku je směna neaktivní, stejně jako v předchozích případech, 10 dní. Pracovní dny jsou zaznamenány ve „Working Time“ a to hodnotou 7200 minut, což je 5 pracovních dní. Hodnota „Rest Time“ vyjadřuje 2 nepracovní dny. Touto směnou se řídí nově vytvořený stroj „Kontrola\_zasob“, který je nastavený jako jednoduchý („Single“). Ke stroji byla v modelu vytvořena pomocná součást pojmenovaná „Kontrola\_zasob“, pomocná součást je pasivní.

	Period Type	Working Time	Rest Time	Overtime	Sub Shift Name
1	Period	7200.0	2880.0	0.0	
Total		7200	2880	0	

Obr. č. 5.7: Nadefinování směny

Stroj „Kontrola\_zasob“ modeluje kontrolu zásob každý pracovní den a v případě, že zjistí nutnost objednání materiálu, vypočítá velikost objednávky. Do záložky „Actions on Input“ je zapsáno:

$$IF NPARTS (Sklad\_geneo\_kridlo) < Objednaci\_hladiny (1) AND Stav\_objednavky (1) = 0$$

$$Velikost\_objednavky (1) = (IFIX ((Objednaci\_hladiny (1) - NPARTS (Sklad\_geneo\_kridlo)) / 360) + 1) * 360$$

$$Stav\_objednavky (1) = 1$$

$$ENDIF$$

Ve výše uvedeném zápisu je použita nová proměnná s názvem „Stav\_objednavky“ s kvantitou 6. Tato proměnná nabývá pouze hodnot 0 nebo 1. Pokud je hodnota 0, potom objednávka příslušného materiálu není aktivní, objednávka tedy nebyla učiněna a sklad nečeká na dodání

zboží. Pokud je hodnota 1, znamená to, že objednávka byla provedena a sklad čeká na dodání zboží. První podmínka „*NPARTS (Sklad\_geneo\_kridlo) < Objednaci\_hladiny (1)*“ má stějný význam jako u experimentu 3, kde je také popsána. Druhá podmínka „*Stav\_objednavky (1) = 0*“ zajistí, aby nemohlo dojít v následujících dnech k další objednávce, dokud nebude provedena dodávka současné objednávky. Jelikož jsou tyto dvě podmínky spojeny operátorem „AND“, musí být splněny současně. Velikost objednávky zapsaná ve druhém řádku se stanovuje stejným způsobem jako v předchozím experimentu. Zápis ve třetím řádku „*Stav\_objednavky (1) = 1*“ zajišťuje nastavení příslušné proměnné „*Stav\_objednavky*“ na hodnotu 1. Operační čas stroje („Cycle Time“) je nastaven na jeden den, aby kontrola byla provedena každý pracovní den. Ve vstupním pravidle „From“ je zapsáno „*PULL from Kontrola out of WORLD*“.

Stroj „Objednavka“ plní stejnou funkci jako u experimentu 3, ale bylo u něj provedeno několik změn. Jedná se o produkční stroj s operačním časem 1 týden (dodací lhůta) a není mu již přiřazena směna. Vstupní pravidlo obsahuje 3 podmínky, které musí platit současně. Celý zápis vstupního pravidla je ve tvaru:

*IF Den >= 11 AND Den <= 351 AND Stav\_objednavky (1) = 1*

*PULL from Objednavka out of WORLD*

*ELSE*

*Wait*

*ENDIF*

Zápis v prvním řádku znamená, že první objednávka může být provedena nejdříve 11. ledna 2010 a poslední objednávka v 351. den v roce, tedy 17. 12. 2010. Podmínka „*Stav\_objednavky(1) = 1*“ znamená, že k objednávce může dojít pouze tehdy, bylo-li strojem „*Kontrola\_zasob*“ zjištěno, že je třeba provést objednávku. Pokud jsou všechny podmínky splněny, dojde k vlastní objednávce zboží. Zápis „*Stav\_objednavky (1) = 0*“ ve výstupních akcích stroje („Actions on Output“) zajišťuje, že pomocná proměnná „*Stav\_objednavky*“ je znovu nastavena na 0 a může být tedy v případě potřeby provedena další objednávka.

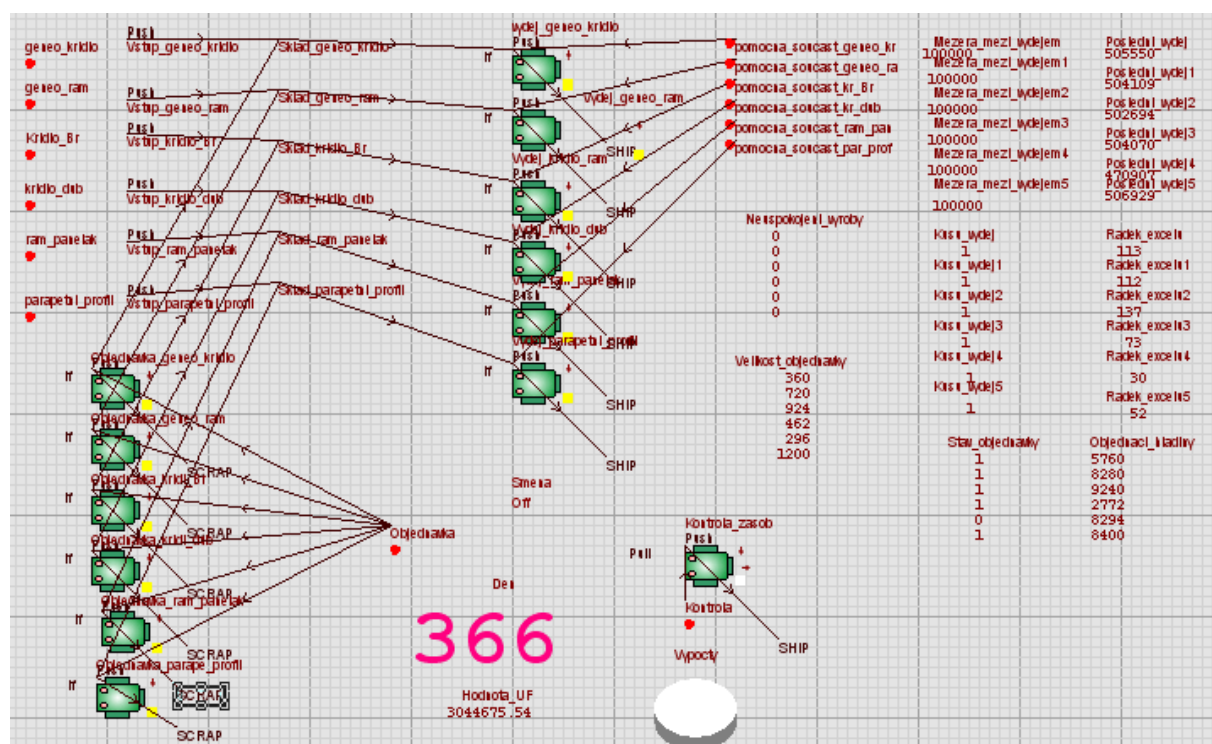
Výsledky experimentu 4 byly zaznamenány do tabulky č. 5.6, celkem bylo provedeno 6 simulačních běhů s různým nastavením objednacích hladin.



Tab. č. 5.6: Výsledky experimentu 4

	Geneo křídlo	Geneo rám	Křídlo Br	Křídlo dub	Panelákový rám	Parapetní profil	Hodnota účelové funkce [Kč]
Velikost dodávky [paleta]	18	26	24	8	30	15	3 557 045
	17	25	23	7	29	14	3 332 756
	16	24	22	6	29	14	3 152 085
	16	23	21	6	29	14	3 077 271
	16	23	20	6	29	14	3 044 675

Ani u tohoto experimentu nedošlo ke snížení hodnoty účelové funkce. Po provedení pokusů v experimentu 4 bylo zjištěno, že nejnižší hodnota účelové funkce je 3 044 675 Kč, což je o 218 787 Kč více, došlo tedy k navýšení o 7,7% vzhledem k stávajícímu stavu. U experimentu 4 tedy také nedošlo k úsporám, proto bylo nutné přistoupit k provedení experimentu 5. K dalšímu snížení velikosti dodávky již nemohlo dojít, protože by ve všech případech došlo k nevykrytí výroby potřebným materiálem, v modelu by proměnná „neuspokojeni\_vyroby“ nabývala hodnoty vyšší než 0. Stav modelu pro toto řešení je znázorněn na obr. č. 5.8.



Obr. č. 5.8 Model v programu Witness pro experiment 4

## 5.5 Experiment 5

Model experimentu 5 vychází z modelu experimentu 4 a je téměř totožný. Objednávky mohou být rovněž provedeny v libovolný pracovní den a velikost objednávky se stanovuje na základě aktuální zásoby a objednací hladiny. Hodnoty potřebné při tomto experimentu byly načítány z externího souboru Excel, kde se postupně mění objednací hladiny. Úkolem experimentu 5 je stanovit objednací hladiny tak, aby se minimalizovala hodnota účelové funkce a podíl neuspokojení výroby ze skladu u žádné položky nepřesáhl předem stanovenou hodnotu. Bylo připuštěno neuspokojení výroby do 1%, 5% a 10%. Neuspokojením výroby rozumíme nevykrytí výroby materiálem dodáním ze skladu.

V koláčovém grafu „Vypocty“ v záložce „Before Refresh“ byl doplněn zápis:

*IF TOTALOUT (Sklad\_geneo\_kridlo) > 0*

*Prst\_neuspokojeni (1) = Neuspokojeni\_vyroby (1) / (TOTALOUT (Sklad\_geneo\_kridlo) + Neuspokojeni\_vyroby (1))*

*ENDIF*

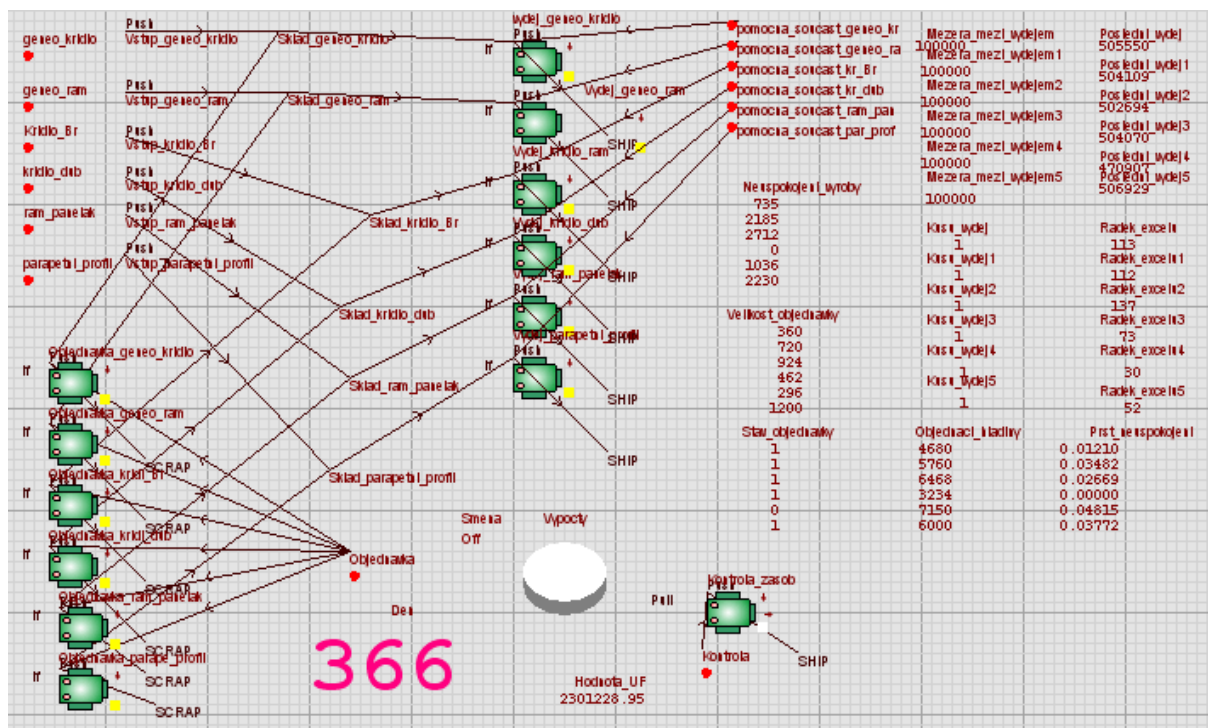
Zápis byl proveden šestkrát a to pro každou materiálovou položku, kde se mění název daného skladu, index proměnné „Prst\_neuspokojeni“ a „Neuspokojeni\_vyroby“, které jsou přiřazeny k dané materiálové položce. Zápis „*IF TOTALOUT (Sklad\_geneo\_kridlo) > 0*“ zajišťuje, aby se při výpočtu pravděpodobnosti neuspokojení výroby nedělilo nulou. Zápis v druhém řádku slouží pro výpočet pravděpodobnosti neuspokojení výroby (proměnná „Prst\_neuspokojeni“), jejíž hodnotu stanovujeme jako podíl hodnoty proměnné „Neuspokojeni\_vyroby“ (v této proměnné je uložen počet materiálových jednotek daného materiálu dodaných z jiných zdrojů) a součtu počtu materiálových jednotek daného materiálu dodaného ze skladu a z jiných zdrojů. Dodání materiálu z jiných zdrojů znamená, že v případě chybějících materiálových položek na výrobu zakázky je nutno zajistit materiál mimo zdroje skladu (dovoz materiálu svojí, nebo externí dopravou mimo pravidelný návoz).

Výsledky experimentu 5 byly zaznamenány do tabulky č. 5.7. Pro stanovenou hodnotu nevykrytí výroby do 1% bylo provedeno 5 simulačních běhů. Pro nevykrytí výroby do 5% 7 a do 10% 6 simulačních běhů.

Tab. č. 5.7: Výsledky experimentu 5

Nevykrytí výroby do 1%							
	Geneo křídlo	Geneo rám	Křídlo Br	Křídlo dub	Panelákový rám	Parapetní profil	Hodnota účelové funkce[Kč]
Velikost dodávky [paleta]	16	24	19	7	29	17	3 154 832
	15	23	18	6	28	16	2 930 683
	14	22	18	5	28	15	2 774 242
	14	21	18	5	28	14	2 718 337
	14	21	18	5	28	13	2 703 447
Nevykrytí výroby do 5%							
	Geneo křídlo	Geneo rám	Křídlo Br	Křídlo dub	Panelákový rám	Parapetní profil	Hodnota účelové funkce[Kč]
Velikost dodávky [paleta]	13	20	17	4	27	12	2 483 795
	12	19	16	4	26	11	2 319 665
	11	18	15	4	25	10	2 155 619
	10	17	14	4	25	10	2 034 680
	9	16	13	4	25	10	1908340
	9	15	12	4	25	10	1841273
	9	14	12	4	25	10	1800134
Nevykrytí výroby do 10%							
	Geneo křídlo	Geneo rám	Křídlo Br	Křídlo dub	Panelákový rám	Parapetní profil	Hodnota účelové funkce[Kč]
Velikost dodávky [paleta]	8	13	11	3	24	9	1 609 836
	7	12	11	3	23	8	1 491 005
	7	11	11	3	22	8	1 421 831
	7	10	11	3	22	8	1 377 753
	7	9	11	3	22	8	1 337 640
	7	8	11	3	22	8	1 297 353

U tohoto experimentu došlo ke snížení hodnoty účelové funkce ve všech případech dovolené stanovené hodnoty nevykrytí výroby materiálem. Po provedení běhů v experimentu 5 s povoleným nevykrytím do 1% bylo zjištěno, že nejnižší hodnota účelové funkce je 2 703 447 Kč, což je o 122 441 Kč méně (snížení o 4,3% vzhledem k stávajícímu stavu). Po dalším provedení běhů v experimentu 5 s povoleným nevykrytím do 5% bylo zjištěno, že nejnižší hodnota účelové funkce je 1 800 134 Kč, což je o 1 025 754 Kč méně (snížení o 36,3% vzhledem k stávajícímu stavu). Pro povolené nevykrytí do 10% bylo zjištěno, že nejnižší hodnota účelové funkce je 1 297 353 Kč, což je o 1 528 535 Kč méně (snížení o 54,1% vzhledem k stávajícímu stavu). Stav modelu pro toto řešení je znázorněn na obr. č. 5.9.



Obr. č. 5.9: Model v programu Witness pro experiment 5

## 6 Zhodnocení dosažených výsledků

V celkem pěti provedených experimentech bylo zjištěno, že hodnota účelové funkce oproti stávajícímu stavu byla snížena jen u experimentu 5, porovnání dosažených výsledků je uvedeno v tabulce č. 6.1.

Tab. č. 6.1: Porovnání dosažených výsledků

	Stávající hodnota účelové funkce [Kč]	Nejnižší dosažená hodnota účelové funkce [Kč]	Rozdíl [Kč]	Rozdíl [%]
Experiment 1 varianta1	2 825 888	8 293 125	5 467 237	193,5%
Experiment 1 varianta2	2 825 888	6 216 240	3 390 352	120,0%
Experiment 2	2 825 888	3 215 127	389 239	13,8%
Experiment 3	2 825 888	3 004 820	178 932	6,3%
Experiment 4	2 825 888	3 044 675	218 787	7,7%
Experiment 5, neuspokojení výroby do 1%	2 825 888	2 703 447	-122 441	-4,3%
Experiment 5, neuspokojení výroby do 5%	2 825 888	1 800 134	-1 025 754	-36,3%
Experiment 5, neuspokojení výroby do 10%	2 825 888	1 297 353	-1 528 535	-54,1%

Pro zavedení do praxe přichází v úvahu model 3, 4 a 5. U modelu 3 a 4 sice nedošlo ke snížení účelové funkce, ale vzhledem k současnému stavu velmi častých případů, kdy dochází k nevykrytí výroby materiálem, je průměrné navýšení o 6,3%, respektive o 7,7% akceptovatelné. V rámci experimentu 5 došlo ve všech variantách ke snížení hodnoty účelové funkce a tím i snížení dosavadního stavu skladových zásob. Vzhledem k tomu, že cílem diplomové práce bylo navrhnout případné změny ve způsobu zásobování, lze z hlediska hodnoty účelové funkce za nejlepší dosažené řešení považovat výsledky experimentu 5.

V kapitole č. 4.3 byla popsána situace, kdy velmi často dochází k výkyvům spotřeby dané materiálové položky, i proto počítání s částečným nevykrytím výroby je výhodné a neohroží chod výrobního procesu. Nevykrytí výroby materiálem je uvedeno v tabulce č. 6.2, kde je z celkové roční spotřeby dané materiálové položky vyjádřen procentuální podíl možného nevykrytí výroby potřebnou materiálovou položkou.

Tab. č. 6.2: Nevykrytí výroby materiálem při 1%, 5%, 10% neuspokojení z roční spotřeby

	Název materiálové položky						Celkem
	Křídlo geneo bílé	Rám geneo bílý	Křídlo 60 BR bílé	Křídlo 60 BR zlatý dub	Panelákový rám	Parapetní profil	
Roční spotřeba [m]	60 739	62 756	101 596	21 196	21 516	59 128	326 931
Roční spotřeba [paleta]	169	174	220	46	75	99	783
1% nevykrytí výroby [m]	607	628	1 016	212	215	591	3 269
1% nevykrytí výroby [paleta]	2	2	3	1	1	1	10
5% nevykrytí výroby [m]	3 037	3 138	5 080	1 060	1 076	2 956	16 347
5% nevykrytí výroby [paleta]	9	9	11	3	4	5	41
10% nevykrytí výroby [m]	6 074	6 276	10 160	2 120	2 152	5 913	32 693
10% nevykrytí výroby [paleta]	17	18	22	5	8	10	80

Při nevykrytí výroby do 1% vybranými materiálovými položkami přichází v úvahu dodání potřebného sortimentu v 10 případech jiným způsobem (dodání jiným způsobem popsáno výš v textu), to odpovídá 10 nedodaným paletám za rok. Při 5% nevykrytí ve 41 případech a při 10% nevykrytí v 80 případech. Pokud je v těchto případech uvažován dovoz

materiálu vlastní dopravou, je účtována částka 18 Kč/km. Při zajištění 20 kilometrů (což je odchylka od běžné trasy) činí tato částka 360 Kč. Nyní dle odhadu dochází k neuspokojení výroby daným materiálem přibližně třikrát do měsíce. Vzhledem k tomu, že se na začátku a na konci roku vždy dva týdny nevyrábí, bylo počítáno s 33 nedodanými paletami do výroby. Porovnání nákladů na dovoz materiálu jiným způsobem než dovozem od dodavatele a následným vydáním ze skladu je uvedeno v tabulce č. 6.3.

Tab. č. 6.3: Předpokládané náklady na nedodaný materiál při 1%, 5% a 10% neuspokojení výroby

Náklady před aplikací modelu [Kč]	11 880		Rozdíl
Náklady po aplikaci modelu s nedodáním palet do 1% [Kč]	3 600		-8 280
Náklady po aplikaci modelu s nedodáním palet do 5% [Kč]	14 760		2 880
Náklady po aplikaci modelu s nedodáním palet do 10% [Kč]	28 800		16 920

Náklady před aplikací modelu byly odhadem vypočítány:

- 33 nedodaných palet \* 360 Kč

Náklady po aplikaci modelu s neuspokojením do 1%

- 10 nedodaných palet (dle tab. č. 6.2) \* 360 Kč

Náklady po aplikaci modelu s neuspokojením do 5%

- 41 nedodaných palet \* 360 Kč

Náklady po aplikaci modelu s neuspokojením do 10%

- 80 nedodaných palet \* 360 Kč

Pro pohyb materiálu bylo firmě doporučeno aplikovat model 5 s variantou s 5% neuspokojením výroby. Dochází zde sice k menšímu navýšení nákladů na dopravu, ale vzhledem ke snížení skladových zásob o více než jeden milion korun a úspory skladovacího prostoru je toto navýšení nákladů zanedbatelné.

## 7 Závěr

Cílem předložené diplomové práce bylo vytvoření simulačního modelu v programu Witness pro pohyb zásob vybraného skladového sortimentu a na základě provedení experimentů minimalizovat hodnotu stávající účelové funkce a navrhnout případné změny. V této diplomové práci je dále zpracována analýza současného stavu zásobování u vybraného sortimentu zásob, analýza vstupních údajů pro potřeby simulace. Celá praktická část práce navazuje na teoretickou část, v níž jsou vysvětleny základní pojmy, postupy a východiska. Je zde provedeno 5 experimentů se simulačním modelem. Ve druhé a třetí kapitole je rozvedena teorie zásobovací logistiky, která je nedílnou součástí firemních procesů a významně se podílí na ekonomické stabilitě firmy. V kapitolách je stručně vysvětlena základní funkce metody ABC a je zde popsána analýza současného stavu zásob podniku. Pozornost je věnována také samotnému procesu skladování, jednotlivým činnostem, jež na sebe navazují, skladovým a manipulačním technologiím, a v neposlední řadě také komunikaci v řízeném skladu. Je zde také popsána analýza vstupních údajů pro potřeby simulace, kde pomocí metody ABC bylo vybráno 6 materiálových položek, pomocí nichž byl sestaven základní model v programu Witness a na základě základního modelu byly provedeny experimenty. Čtvrtá kapitola je věnována návrhu simulačního modelu, je zde vysvětlena základní funkce a základní pojmy programu Witness. Podrobněji je v této kapitole popsáno vytvoření základního modelu v programu Witness, porovnání výsledných hodnot základního modelu se zkoumaným modelem - validace modelu. Pátá kapitola popisuje všechny experimenty, které byly provedeny. Celkem bylo provedeno 5 různých experimentů, u prvních 4 bylo cílem minimalizovat hodnotu účelové funkce a zároveň plně uspokojit výrobu, tedy žádná materiálová položka nesmí před vydáním na výrobu na skladě chybět. Úkolem experimentu 5 bylo také minimalizovat hodnotu účelové funkce, ale byl zde povolen podíl neupokojení výroby o předem stanovenou hodnotu. Bylo připuštěno neuspokojení výroby do 1%, 5% a 10% mimo vlastní zdroje. V poslední kapitole byly zhodnoceny a porovnány dosažené výsledky a také doporučení, který model použít pro potřeby sledovaného skladu firmy.

## **Seznam použité literatury a ostatních zdrojů**

- [1] Pramen: TOMANEK, G., HOFMAN, J.: Moderní řízení nákupu podniku, 199 str. 209
- [2] Schulte, CH.: Logistika, 1994
- [3] HUMOSOFT. Witness: Úvod do použití. 2006. 39 s
- [4] Neznámý autor. Witness 2000, Uživatelská příručka. Listopad 2000. 63 s
- [5] Daněk, Jan, Logistika, 1.vydání, Ostrava:VŠB-TU, 2004, 187s., ISBN 80-248-0705-X
- [6] Vaněček, Drahoš, Logistika, 1.vydání, České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1996, 131s., ISBN 80-7040-157-5
- [7] Pernica, Petr, Logistický management: teorie a podniková praxe, 1.vydání, Praha: Radix, 1998, 660s., ISBN 80-86031-13-6
- [8] Lambert, Douglas M., Logistika, 2.vydání, Praha: Computer Press, 2000, 589s., ISBN 80-7226-221-1
- [9] Pernica, Petr, Logistika: vymezení a teoretické základy, 1.vydání, Praha: VŠE v Praze, 1994, 210s., ISBN 80-7079-820-3

### **Ostatní materiály:**

Interní firemní materiály společnosti

ISO norma firmy sledovaného podniku – dle standardu 9001 - 2000

### **Online zdroje:**

[10]Logio centrum ([www.logio.cz](http://www.logio.cz))

[11]Kodys ([www.kodys.cz](http://www.kodys.cz))



## Příloha 1

Plastový standardní materiál		
Objednací číslo	Název	Dodací lhůta [pracovní den]
550060001	Křídlo 60 BRD 159/159/159	5
599060025	Křídlo 60 BRD 225L/159/159	5
599060043	Křídlo 60 BRD 4443/159/159	5
599060044	Křídlo 60 BRD 4444/159/159	5
599060012	Křídlo 60 BRD 7512/159/159	5
599060312	Křídlo 60 BRD 7512/K/7512	5
599060032	Křídlo 60 BRD 9632/159/159	5
599060014	Křídlo 60 BRD 4914/159/159	5
550413001	Křídlo Z 60 BRD EURO 159/159/159	5
599413025	Křídlo Z 60 BRD-EURO 225L/159/159	5
599413043	Křídlo Z 60 BRD-EURO 4443/159/159	5
599413044	Křídlo Z 60 BRD-EURO 4444/159/159	5
599413012	Křídlo Z 60 BRD-EURO 7512/159/159	5
599413032	Křídlo Z 60 BRD-EURO 9632/159/159	5
565022014	Křídlo Z 60 BRD-EURO 4914/159/159	5
550410001	Křídlo Z 60 BRD 159/159/159	5
599410025	Křídlo Z60 BRD 225L/159/159	5
599410043	Křídlo Z60 BRD 4443/159/159	5
599410044	Křídlo Z60 BRD 4444/159/159	5
599410012	Křídlo Z60 BRD 7512/159/159	5
599410312	Křídlo Z60 BRD 7512/K/7512	5
599410032	Křídlo Z60 BRD 9632/159/159	5
599410014	Křídlo Z60 BRD 4914/159/159	5
562035701	GENEO Křídlo 57 159/159/159	5
562035725	GENEO Křídlo 57 225L/159/159	5
562035743	GENEO Křídlo 57 4443/159/159	5
562035744	GENEO Křídlo 57 4444/159/159	5
562035712	GENEO Křídlo 57 7512/159/159	5
562035312	GENEO Křídlo 57 7512/159/7512	5
562035732	GENEO Křídlo 57 9632/159/159	5
562035714	GENEO Křídlo 57 4914/159/159	5
571013001	NOR Křídlo 159/159/159	5
550170001	Křídlo dveř. T BRD 159/159/159	5
599170014	Křídlo dveř. T BRD 4914/159/159	5
599170012	Křídlo dveř. T BRD 7512/159/159	5
599170312	Křídlo dveř. T BRD 7512/159/7512	5
599170032	Křídlo dveř. T BRD 9632/159/159	5
599170043	Křídlo dveř. T BRD 4443/159/159	5
550160001	Křídlo dveř. Z BRD 159/159/159	5

Plastový standardní materiál		
Objednací číslo	Název	Dodací lhůta [pracovní den]
599160014	Křídlo dveř. Z BRD 4914/159/159	5
599160012	Křídlo dveř. Z BRD 7512/159/159	5
599160312	Křídlo dveř. Z BRD 7512/159/7512	5
599160032	Křídlo dveř. Z BRD 9632/159/159	5
599160043	Křídlo dveř. Z BRD 4443/159/159	5
541051001	NORDIC Dveřní křídlo 159/159/159	5
581441025	Lišta zaskl. 22,5 225L	5
581441043	Lišta zaskl. 22,5 4443	5
581441044	Lišta zaskl. 22,5 4444	5
581441014	Lišta zaskl. 22,5 4914	5
581441012	Lišta zaskl. 22,5 7512	5
581441712	Lišta zaskl. 22,5 7512 ŠED	5
581441032	Lišta zaskl. 22,5 9632	5
560510001	Lišta zaskl. 22,5 BÍLÁ, ČERN	5
560510701	Lišta zaskl. 22,5 BÍLÁ, ŠEDÁ	5
599110043	Lišta zaskl. 22,5 oblá 4443	5
599110743	Lišta zaskl. 22,5 oblá 4443 Š	5
599110044	Lišta zaskl. 22,5 oblá 4444	5
599110744	Lišta zaskl. 22,5 oblá 4444 Š	5
599110014	Lišta zaskl. 22,5 oblá 4914	5
599110714	Lišta zaskl. 22,5 oblá 4914 Š	5
599110012	Lišta zaskl. 22,5 oblá 7512	5
599110712	Lišta zaskl. 22,5 oblá 7512 Š	5
599110032	Lišta zaskl. 22,5 oblá 9632	5
599110732	Lišta zaskl. 22,5 oblá 9632 Š	5
550110001	Lišta zaskl. 22,5 oblá BÍLÁ,	5
550110701	Lišta zaskl. 22,5 oblá BÍLÁ,š	5
596630012	Lišta zaskl. 34,5 7512	5
561530001	Lišta zaskl. 34,5 BÍLÁ, ČE	5
561530701	Lišta zaskl. 34,5 BÍLÁ, ŠE	5
544120701	Lišta zaskl. MD FIX 10,5 BÍLÁ,š	5
550131001	Rám 115 panelák BRD, bílý	5
550680001	Rám 76-2 BRD, bílý	5
550540001	Rám 98 BRD, bílý	5
545062001	Rám 106 BRD-MD, bílý	5
550001001	Rám 60 - 120 BRD, bílý	5
550003001	Rám 64 BRD EURO, bílý	5
599003025	Rám 64 BRD-EURO 225L/159/159	5
599003043	Rám 64 BRD-EURO 4443/159/159	5
599003044	Rám 64 BRD-EURO 4444/159/159	5

<b>Plastový standardní materiál</b>		
Objednací číslo	Název	Dodací lhůta [pracovní den]
599003014	Rám 64 BRD-EURO 4914/159/159	5
599003012	Rám 64 BRD-EURO 7512/159/159	5
599003312	Rám 64 BRD-EURO 7512/159/7512	5
599003032	Rám 64 BRD-EURO 9632/159/159	5
599000312	Rám 68 BRD 7512/k/7512	5
550000001	Rám 68 BRD 159/159/159	5
599000025	Rám 68 BRD 225L/159/159	5
599000043	Rám 68 BRD 4443/159/159	5
599000044	Rám 68 BRD 4444/159/159	5
599000014	Rám 68 BRD 4914/159/159	5
599000012	Rám 68 BRD 7512/159/159	5
599000032	Rám 68 BRD 9632/159/159	5
545002001	Rám 76 BRD-MD bílá	5
599131401	Rám panelák BLR EURO 159/159/159	5
550550001	Rám renov.60 BRD, bílý	5
562015701	GENEO Rám 72 MD 225L/159/159	5
562015743	GENEO Rám 72 MD 4443/159/159	5
562015744	GENEO Rám 72 MD 4444/159/159	5
562015714	GENEO Rám 72 MD 4914/159/159	5
562015701	GENEO Rám 72 MD 7512/159/159	5
562015901	GENEO Rám 72 MD 7512/159/7512	5
562015232	GENEO Rám 72 MD 9632/159/159	5
532015701	GENEO Rám 72 MD Bílá	5
571003001	NOR Rám 159/159/159	5
550080001	Štulp BRD 159/159/159	5
599080025	Štulp BRD 225L/159/159	5
599080043	Štulp BRD 4443/159/159	5
599080044	Štulp BRD 4444/159/159	5
599080032	Štulp BRD 9632/159/159	5
599080014	Štulp BRD 4914/159/159	5
599080012	Štulp BRD 7512/159/159	5
599080312	Štulp BRD 7512/K/7512	5
5990800332	Štulp BRD 9632/159/159	5
562070714	GENEO Štulp 4914/159/159	5
562070725	GENEO Štulp 225L/159/159	5
562070743	GENEO Štulp 4443/159/159	5
562070744	GENEO Štulp 4444/159/159	5
562070732	GENEO Štulp 3296/159/159	5
562070712	GENEO Štulp 7512/159/159	5
562070912	GENEO Štulp 7512/159/7512	5

<b>Plastový standardní materiál</b>		
Objednací číslo	Název	Dodací lhůta [pracovní den]
562070312	GENEO Štulp 7512/K/7512	5
532070701	GENEO Štulp Bílá	5
562055912	GENEO - Sloupek 98 7512/K/7512	5
562055112	GENEO - Sloupek 98 7512/159/7512	5
562055725	GENEO - Sloupek 98 225L/159/159	5
562055743	GENEO - Sloupek 98 4443/159/159	5
562055744	GENEO - Sloupek 98 4444/159/159	5
562055732	GENEO - Sloupek 98 9632/159/159	5
562055714	GENEO - Sloupek 98 4914/159/159	5
562055712	GENEO - Sloupek 98 7512/159/159	5
562055001	GENEO - Sloupek 98 bílá	5
550030001	Příčka 68/70 BRD bílá	5
599030112	Příčka 68/70 BRD 7512/159/7512	5
599030312	Příčka 68/70 BRD 7512/K/7512	5
599030025	Příčka 68/70 BRD 225L/159/159	5
599030043	Příčka 68/70 BRD 4443/159/159	5
599030044	Příčka 68/70 BRD 4444/159/159	5
599030032	Příčka 68/70 BRD 9632/159/159	5
599030014	Příčka 68/70 BRD 4914/159/159	5
599030012	Příčka 68/70 BRD 7512/159/159	5
550020001	Sloupek 86 BRD bílá	5
599020112	Sloupek 86 BRD 7512/159/7512	5
599020012	Sloupek 86 BRD 7512/159/159	5
599020312	Sloupek 86 BRD 7512/k/7512	5
599020025	Sloupek 86 BRD 225L/159/159	5
599020043	Sloupek 86 BRD 4443/159/159	5
599020044	Sloupek 86 BRD 4444/159/159	5
599020014	Sloupek 86 BRD 4914/159/159	5
553050001	NORDIC Příčka 66 bílá	5
560024001	Dilatace č. 2 BRD bílá	5
533070001	Dilatační profil PROFI Line bílá	5
247496001	Distanční kus příčky 68 BRD bílá	5
556020001	Fasádní sloupek bílý	5
533050001	GENEO- Profil kloubu č.1 bílá	5
533060001	GENEO- Profil kloubu č.2 bílá	5
732460001	H malé bílá	5
560700001	H velké bílá	5
SK2026	Lišta krycí nalep.SK 2026 bílá	5
SK4026	Lišta krycí nalep.SK 4026 bílá	5
SK6026	Lišta krycí nalep.SK 6026 bílá	5

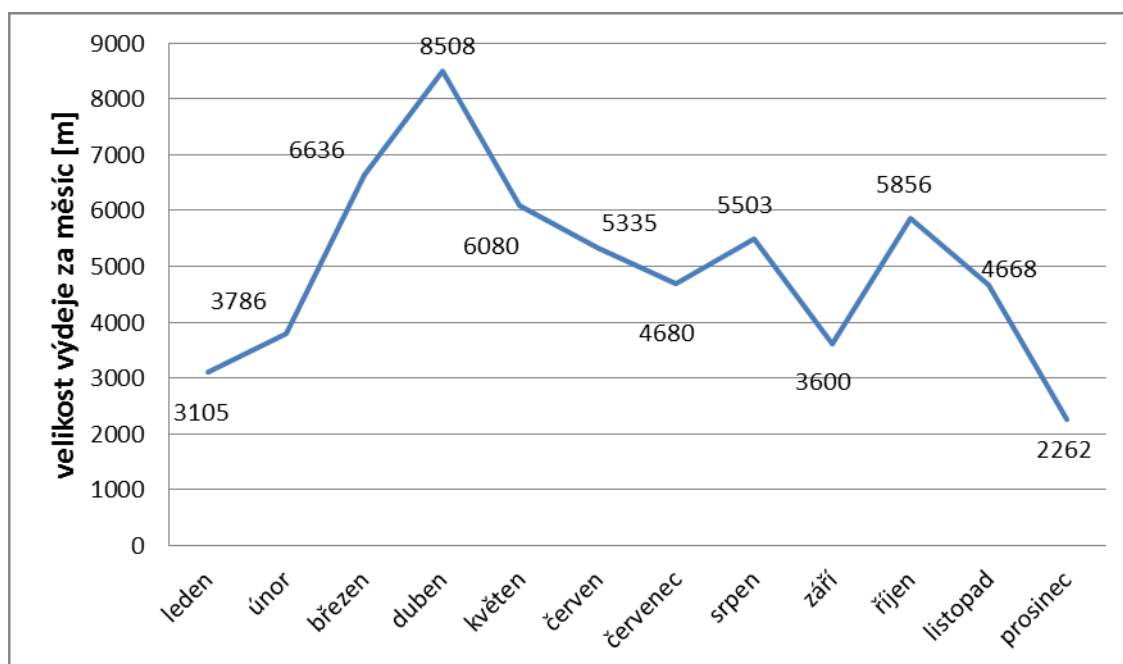
Plastový standardní materiál		
Objednací číslo	Název	Dodací lhůta [pracovní den]
SK7026	Lišta krycí nalep.SK 7026 bílá	5
SK8026	Lišta krycí nalep.SK 8026 bílá	5
SK9026	Lišta krycí nalep.SK 9026 bílá	5
SK10026	Lišta krycí nalep.SK10026 bílá	5
561163001	Profil kloubu č.1 BRD bílá	5
561173001	Profil kloubu č.2 BRD bílá	5
561892001	Profil spojovací - kopplung - bílá	5
553210001	Profil spojovací panelák bílá	5
550500001	Profil vyrovnávací bílá	5
561013001	Profil parapetní 30 mm	5
561710001	Profil parapetní 32 mm	5
561740001	Profil parapetní 33 mm	5
561790001	Profil parapetní 34 mm	5
561860001	Profil parapetní 36 mm	5
560002001	Profil parapetní 38 mm	5
560003001	Profil parapetní 39 mm	5
560004001	Profil parapetní 40 mm	5
561133001	Roh 90 BRD bílá	5
561143001	Roh 135° BRD bílá	5
561700001	Traverza roletová 1 bílá	5
560008001	Traverza roletová 2 bílá	5
546290001	Rozš.š. 65/70 BRD	5
565060001	RP 10mm - BÍLÁ BRD	5
550130001	RP 100mm BRILL BÍLÁ	5
561293001	RP 20 mm BÍLÁ BRD	5
561303001	RP 40mm BRILL BÍLÁ	5
561113001	RP 60mm BRILL bílá	5
550490001	Okop 52 vyrovnáv. prof. BRD bílá	5
GL25130	Nalep. příčka 25 x 13 mm BÍLÁ	5
GL45130	Nalep. příčka 45 x 13 mm BÍLÁ	5
GLM4680	Nalep. příčka 46 x 8 mm BÍLÁ,	5
GL75130	Nalep. příčka 75 x 13 mm BÍLÁ	5
GLM7680	Nalep. příčka 76 x 8 mm BÍLÁ	5
5615100	Okapnice 3	5
5607200	okapnice č.2 - Bílá	5
243269	BR Práh ALU vysoký	5
2255900	Držák prahu 60/120 Levý BRD	5
2255800	Držák prahu 60/120 Pravý BRD	5
228013	Lišta AL BRL76 ALU-TOP	5
228043	Lišta AL FLG Z60 ALU-TOP	5

<b>Plastový standardní materiál</b>		
Objednací číslo	Název	Dodací lhůta [pracovní den]
228063	Lišta AL Klapačka 60 ALU-	5
228083	Lišta AL Příčka 68 ALU-TOP	5
228073	Lišta AL Sloupek 86 ALU-TO	5
235289	Lišta ALU na křídlo Z 60 AL	5
235269	Lišta ALU na rámu 76 ALU-TOP	5
235319	Lišta ALU na sloupek 86 ALU-	5
248786	Ochrana proti našlapování	5
350189	Ochrana proti našlapování GEN	5
225259	Práh AL 120	5
243259	Práh ALU nízký BRD	5
2353390	ALUTOP Upevňovací kus	5

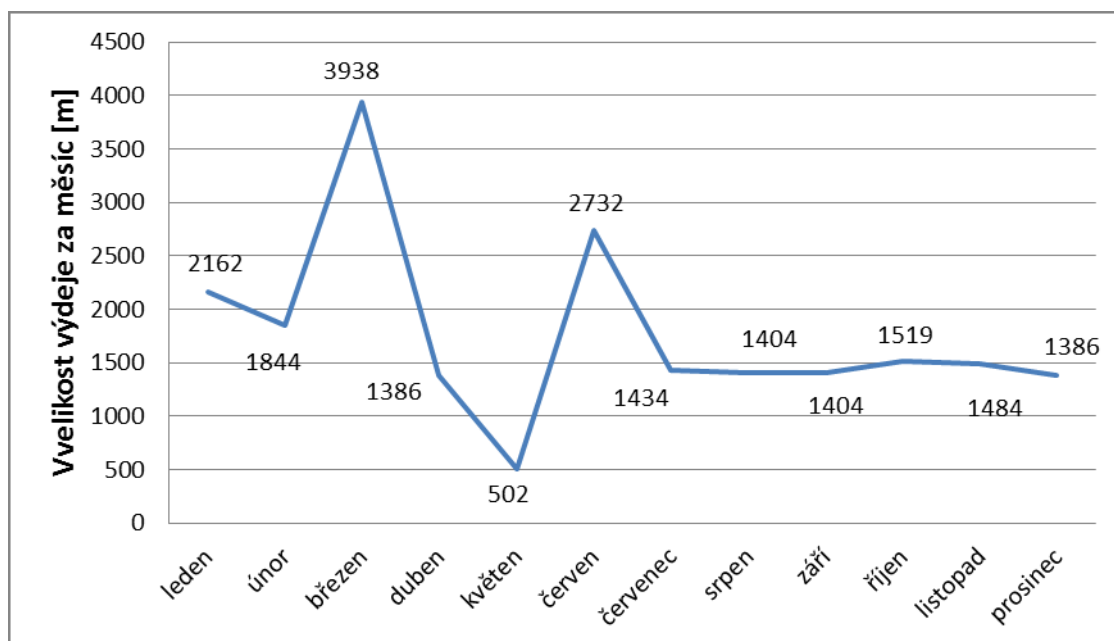
<b>Kódy použitých barev</b>	
Číselné označení	Název barvy
159	Bílá
7512	Zlatý dub
4914	Mahagon
4443	Antracit
4444	Krémová
9632	Bahenní dub
225L	Ořech

## Příloha 2

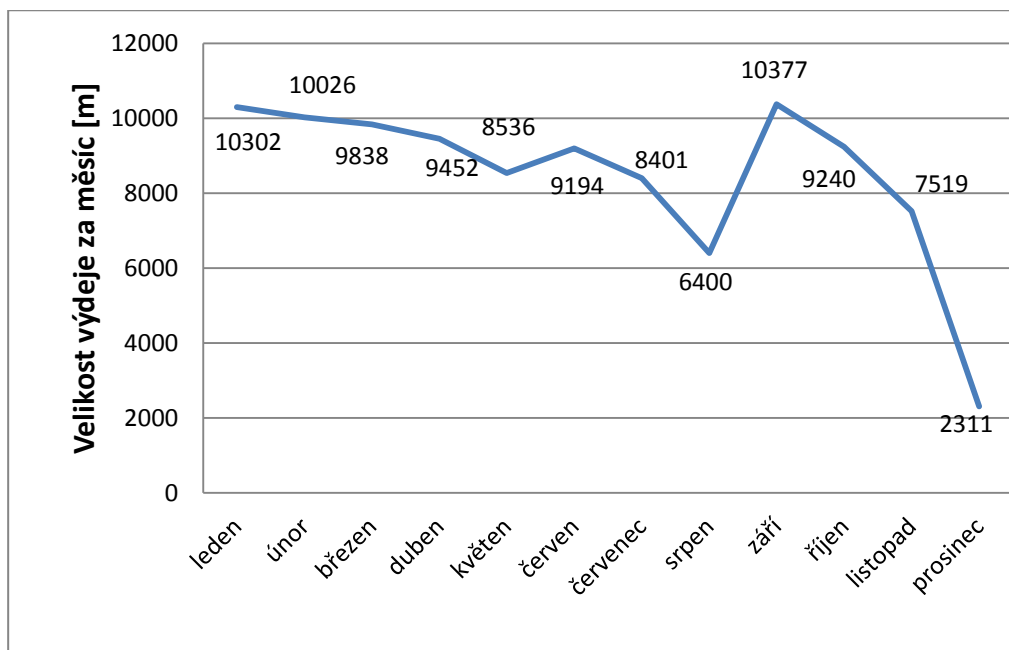
### Porovnání výdejů vybraných materiálových položek



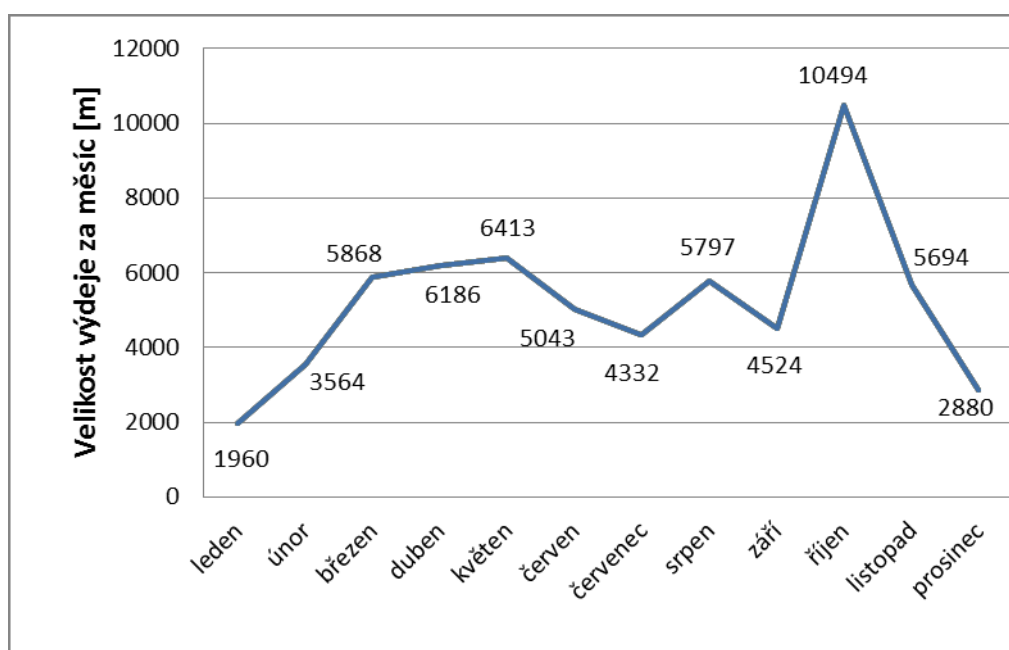
Průběh měsíčních výdejů materiálové položky Geneo křídlo 57 bílé



Průběh měsíčních výdejů materiálové položky křídlo 60 Zlatý dub/bílá

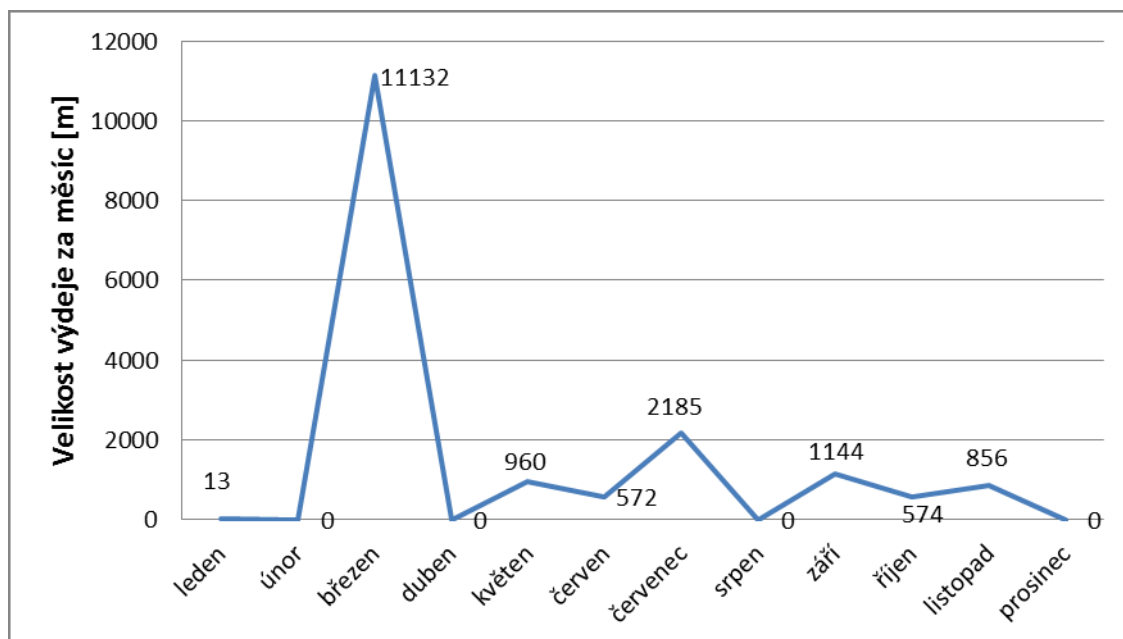


Průběh měsíčních výdejů materiálové položky křídlo 60 BRD bílé

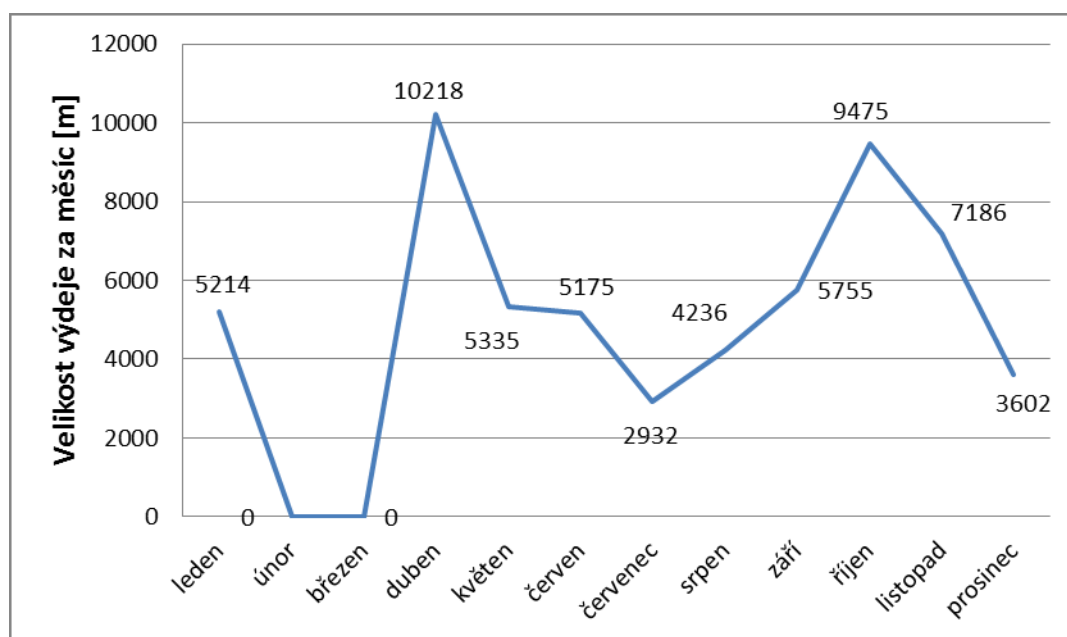


Průběh měsíčních výdejů materiálové položky Geneo rám 72 MD bílý





Průběh měsíčních výdejů materiálové položky rám 115 panelák BRD bílý



Průběh měsíčních výdejů materiálové položky parapetní profil 30mm

### ***Příloha 3 (elektronická)***

- Diplomová práce – soubor v programu Word
- Data pro ABC – soubor v programu Excel
- Data pro vybraný sortiment – soubor v programu Excel
- Tabulky – soubor v programu Excel

#### **Základní model**

Složka:

- Základní model

Podsložky:

- Zakladni model – model v programu Witness
- Vstup geneo kridlo.par – datový soubor
- Vstup geneo ram.par - datový soubor
- Vstup kridlo Br.par - datový soubor
- Vstup kridlo dub.par - datový soubor
- Vstup parapetni profil.par - datový soubor
- Vstup ram panelak.par - datový soubor
- Vydeje – soubor v programu Excel

#### **Model č. 1**

Složka:

- Experiment 1

Podsložky:

- Experiment 1 – model v programu Witness
- Vstup geneo kridlo.par – datový soubor
- Vstup geneo ram.par - datový soubor
- Vstup kridlo Br.par - datový soubor
- Vstup kridlo dub.par - datový soubor
- Vstup parapetni profil.par - datový soubor
- Vstup ram panelak.par - datový soubor
- Vydeje – soubor v programu Excel

## **Model č. 2**

Složka:

- Experiment 2

Podsložky:

- Experiment 2 – model v programu Witness
- Vstup geneo kridlo.par – datový soubor
- Vstup geneo ram.par - datový soubor
- Vstup kridlo Br.par - datový soubor
- Vstup kridlo dub.par - datový soubor
- Vstup parapetni profil.par - datový soubor
- Vstup ram panelak.par - datový soubor
- Vydeje – soubor v programu Excel

## **Model č. 3**

Složka:

- Experiment 3

Podsložky:

- Experiment 3 – model v programu Witness
- Vstup geneo kridlo.par – datový soubor
- Vstup geneo ram.par - datový soubor
- Vstup kridlo Br.par - datový soubor
- Vstup kridlo dub.par - datový soubor
- Vstup parapetni profil.par - datový soubor
- Vstup ram panelak.par - datový soubor
- Vydeje – soubor v programu Excel

## **Model č. 4**

Složka:

- Experiment 4

Podsložky:

- Experiment 4 – model v programu Witness
- Vstup geneo kridlo.par – datový soubor
- Vstup geneo ram.par - datový soubor
- Vstup kridlo Br.par - datový soubor

- Vstup kridlo dub.par - datový soubor
- Vstup parapetni profil.par - datový soubor
- Vstup ram panelak.par - datový soubor
- Vydeje – soubor v programu Excel

### **Model č. 5**

Složka:

- Experiment 5

Podsložky:

- Experiment 5 – model v programu Witness
- Vstup geneo kridlo.par – datový soubor
- Vstup geneo ram.par - datový soubor
- Vstup kridlo Br.par - datový soubor
- Vstup kridlo dub.par - datový soubor
- Vstup parapetni profil.par - datový soubor
- Vstup ram panelak.par - datový soubor
- Vydeje – soubor v programu Excel

### **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Michalu Dordovi, Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce.